



Universidad  
Carlos III de Madrid

MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES EN  
SISTEMAS ELÉCTRICOS

TRABAJO FIN DE MÁSTER

# Análisis y Diseño de Instalación Fotovoltaica para el Campus de Colmenarejo

Autor: Santiago Bernal Parrondo

Director: David Santos Martín

Tutor: David Santos Martín

Leganés, julio de 2019



Título: Análisis y diseño de instalación fotovoltaica para el campus de Colmenarejo  
Autor: Santiago Bernal Parrondo  
Director: David Santos Martín

## EL TRIBUNAL

Presidente: \_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_

Secretario: \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día \_\_ de \_\_\_\_\_  
de 20\_\_ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de  
Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE





# Agradecimientos

Le agradezco a mi hermano su ayuda, por prestarme su hardware informático para trabajar y ayudarme en la programación de código.

Gracias a Mónica Chinchilla, por sus consejos y su implicación en el proyecto.

Gracias a Ricardo Esteban Medina y Pedro Castañeda, por enseñarme y mostrarme los detalles del Campus de Colmenarejo y por su visión positiva para con los proyectos de investigación en la Universidad.

Gracias a David Santos, por brindarme la posibilidad de colaborar con él y por ponerle la pasión que requiere la profesión de profesor.



# Resumen

El presente trabajo pretende realizar un estudio para analizar la viabilidad técnica y económica de una instalación solar fotovoltaica para el Campus de Colmenarejo de la Universidad Carlos III de Madrid.

Al igual que se está estudiando, llevando a cabo y operando este tipo de instalaciones en los distintos campus de la universidad, como el Campus de Leganés, el Campus de Getafe y el Campus de Puerta de Toledo; se llevará a cabo el estudio análogo en el Campus de Colmenarejo.

En cuanto al estudio técnico, se realiza un análisis de la viabilidad de instalación de módulos fotovoltaicos en la cubierta de los edificios existentes en el campus y las zonas en suelo con posibilidad de implementación, así como el desarrollo de la instalación eléctrica y las zonas de transformación para el vertido a redes de baja tensión o de distribución.

Basándose en la legislación actual española, se estudia de forma paralela, las retribuciones y beneficios económicos que puede aportar la extracción de energía utilizando el sol como fuente generadora acogiéndose a la normativa de autoconsumo o generación vigente.

**Palabras clave:** Fotovoltaica, Campus de Colmenarejo, módulos



# Abstract

The present thesis expects to make a study to analyse the technical and economic viability of a solar photovoltaic installation for the Colmenarejo Campus of the Universidad Carlos III of Madrid.

Following the study of similar installations in the different campuses of the university, like Leganes, Getafe and Puerta de Toledo campuses, the same idea is performed in the Colmenarejo Campus.

Regarding the technical study, the viability of installing the photovoltaic modules is analysed at the available building roofs and the floor areas where is possible to locate them. Also, the electrical installation development and the transformation centres are studied in order to inject using the low voltage lines or the distribution grid.

According to the current Spanish legislation, at the same time, the rewards and economic benefits of the energy extraction using the sun as energy source is studied taking the current self-consume or generation regulation.

**Keywords:** Photovoltaic, Colmenarejo Campus, Modules.



# Índice general

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
1.1    Introducción .....	1
1.2    Objetivos.....	2
1.3    Fases del desarrollo .....	2
1.4    Medios empleados.....	3
1.5    Estructura de la memoria.....	3
<b>2. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>4</b>
2.1    Energía solar .....	4
2.2    Tecnología Solar Fotovoltaica .....	5
2.3    Sistema Eléctrico Español .....	6
<b>3. INTEGRACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL MERCADO ELÉCTRICO</b>	
<b>ESPAÑOL .....</b>	<b>9</b>
2.3.1 <i>Legislación actual</i> .....	11
<b>4. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>15</b>
3.1    Detalles del emplazamiento .....	15
3.1.1 <i>Localización</i> .....	16
3.1.2 <i>Zonas de instalación</i> .....	20
3.1.3 <i>Demanda</i> .....	27
3.1.4 <i>Situaciones Planteadas</i> .....	29
3.1.5 <i>Simulaciones</i> .....	30
3.2    Resultados Energéticos y Económicos.....	46
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>6. PRESUPUESTO.....</b>	<b>68</b>
<b>7. ESTUDIOS FUTUROS.....</b>	<b>71</b>
<b>8. GLOSARIO .....</b>	<b>71</b>
<b>9. REFERENCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>74</b>
Anexo 1. Módulo solar ET-M672345WW/WB 345W .....	74
Anexo 2. Contrato de energía.....	76
Anexo 3. Balances económicos anuales en la Biblioteca .....	78
Anexo 4. Balances económicos anuales en el Miguel de Unamuno .....	80
Anexo 5. Balances económicos anuales en el Zona Interior.....	84
Anexo 6. Balances económicos anuales en el Zona Exterior.....	88

# Índice de figuras

Ilustración 1 – Superficie de la Tierra necesaria para cubrir la demanda mundial con radiación solar [1] .....	4
Ilustración 2 – Energía por tecnología [2] .....	7
Ilustración 3 – Cobertura de la demanda por tecnología [2] .....	7
Ilustración 4 – Producción energética renovable en 2018 [3] .....	8
Ilustración 5 - Comparativa del precio del pool con respecto al precio medio recibido por la solar fotovoltaica [8] .....	10
Ilustración 6 - Histórico de factor de apuntamiento para la generación fotovoltaica [8] ..	10
Ilustración 7 - Relación lineal entre el factor de apuntamiento y la potencia fotovoltaica instalada [8] .....	11
Ilustración 8 - Comparativa entre el precio del PVPC y la retribución de excedentes por autoconsumo [13] .....	12
Ilustración 9 - Componentes del PVPC [13] .....	13
Ilustración 10 - Punto geográfico de la localización .....	16
Ilustración 11 - Vista más cercana del emplazamiento .....	17
Ilustración 12 – Datos radiación (por Meteonorm) .....	18
Ilustración 13 - Datos de temperatura (por Meteonorm) .....	18
Ilustración 14 - Datos de radiación y temperatura (por PVDesign) .....	19
Ilustración 15 - Zonas interiores del campus .....	20
Ilustración 16 - Zona exterior del campus .....	20
Ilustración 17 – Zonas planteadas inicialmente para la instalación .....	21
Ilustración 18 – Zona 1 .....	21
Ilustración 19 – Zona 1 .....	21
Ilustración 20 - Zona 2 .....	22
Ilustración 21 - Zona 3 y 4 .....	22
Ilustración 22 - Zona exterior .....	23
Ilustración 23 - Edificio Biblioteca .....	23
Ilustración 24 - Edificio Biblioteca .....	23
Ilustración 25 - Edificio Biblioteca .....	24
Ilustración 26 – Visual aérea del Edificio Miguel de Unamuno .....	24
Ilustración 27 - Cubierta Miguel de Unamuno .....	25
Ilustración 28 - Cubierta Miguel de Unamuno .....	25



Ilustración 29 – Visual aérea del Edificio Residencia .....	25
Ilustración 30 – Diseño completo de campus mediante AutoCAD (Vista de planta) .....	26
Ilustración 31 - Diseño del campus completo mediante AutoCAD (Vista isométrica).....	26
Ilustración 32 - Consumo anual en Colmenarejo .....	27
Ilustración 33 - Consumo mensual .....	28
Ilustración 34 - Consumo horario .....	28
Ilustración 35 -Evolución de consumo anual en el campus .....	29
Ilustración 36 - Imagen de elementos en la cubierta de la Biblioteca [13] .....	32
Ilustración 37 - Medidas de la Biblioteca (realizadas con AutoCAD) .....	32
Ilustración 38 - Vista sureste del diseño de la Biblioteca .....	32
Ilustración 39 - Vista noreste del diseño de la Biblioteca.....	32
Ilustración 40 - Recomendaciones de IDAE para separación entre módulos [14].....	33
Ilustración 41 – Perspectiva del campo fotovoltaico en Biblioteca .....	33
Ilustración 42 - Biblioteca. Módulos con ázimut 0° (vista de planta) .....	34
Ilustración 43 - Biblioteca. Módulos con ázimut 20° (vista de planta) .....	34
Ilustración 44 - Energía generada mensualmente en Biblioteca .....	35
Ilustración 45 - Medidas del Miguel de Unamuno (Realizadas con AutoCAD) .....	35
Ilustración 46 - Vista de planta del diseño del Edificio Miguel de Unamuno .....	36
Ilustración 47 - Vista sureste del diseño del .....	36
Ilustración 48 - Perspectiva de campo fotovoltaico en Miguel de Unamuno .....	36
Ilustración 49 - Disposición de los módulos en el Miguel de Unamuno .....	37
Ilustración 50 – Cubierta de la cafetería con módulos inclinados 30°.....	37
Ilustración 51 - Cubierta de la cafetería con módulos coplanarios .....	37
Ilustración 52 - Energía generada mensualmente en el Miguel de Unamuno .....	39
Ilustración 53 - Medidas del edificio de la Residencia (realizadas con AutoCAD).....	39
Ilustración 54 – Diseño del edificio Residencia (Vista isométrica) .....	40
Ilustración 55 - Disposición de módulos en la cubierta del edificio de la Residencia .....	40
Ilustración 56 - Energía generada mensualmente en la Residencia .....	40
Ilustración 57 - Medidas de la zona de suelo interior (realizadas con AutoCAD).....	41
Ilustración 58 - Zona interior con módulos orientados al sur (Vista de planta).....	41
Ilustración 59 - Zona interior con módulos con azimut de 42,5° (Vista de planta).....	41
Ilustración 60- Energía generada mensualmente en la zona de suelo interior .....	42
Ilustración 61 - Vista de planta de la zona de suelo exterior (Google Earth) .....	43
Ilustración 62 - Pendientes en la zona de suelo exterior.....	43
Ilustración 63 - Situación de los módulos en la Zona Exterior (PVsyst).....	44
Ilustración 64 - Situación de los módulos aprovechando todo el espacio en Zona Exterior (PVDesign) .....	44
Ilustración 65 - Situación de módulos con distribución jerárquica en Zona Exterior (PVDesign) .....	44
ilustración 66 - Energía generada mensualmente en la zona de suelo exterior .....	46
ilustración 67 - Curva de carga del consumo frente a la generación. Edificio Biblioteca.....	49
ilustración 68 - Balances energéticos mensuales para el edificio de la Biblioteca .....	49
ilustración 69 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Edificio Miguel de Unamuno .....	51
ilustración 70 - Balances energéticos mensuales para el Edificio Miguel de Unamuno ...	52
ilustración 71 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Edificio Residencia	53
ilustración 72 - Balances energéticos mensuales en el Edificio Residencia .....	53
ilustración 73 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Zona Interior .....	55
ilustración 74 - Balances energéticos mensuales. Zona Interior .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 75 - Curva de Carga de la generación frente al consumo del campus. Zona Exterior.....	58
Ilustración 76 - Curva de carga de la generación frente al consumo completo de la Universidad. Zona Exterior.....	59
Ilustración 77 - Balances energéticos mensuales. Zona Exterior.....	59
ilustración 78 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Suma de Cubiertas.....	60
ilustración 79 - Balance energético medio mensual de la suma de instalaciones en cubiertas.....	61
Ilustración 80 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Suma de zonas interiores.....	61
Ilustración 81 - Balances energéticos mensuales de la suma de las zonas interiores.....	62
Ilustración 82 - Curva de carga de la generación frente al consumo total de toda la Universidad. Suma de todas las zonas.....	62
Ilustración 83 - Balances energéticos mensuales de la suma de todas las zonas.....	63
Ilustración 84 - Diagrama de Gantt.....	68

# Índice de tablas

Tabla 1 – Potencia instalada en España por tecnología .....	6
Tabla 2 - Características de la localización.....	16
Tabla 3 - Datos de radiación y climatología en el emplazamiento (por Meteonorm) .....	17
Tabla 4 - Datos de radiación y climatología (por PVDesign) .....	19
Tabla 5 - Inversores utilizados .....	31
Tabla 6 – Comparativa de los resultados de las simulaciones en el Edificio Biblioteca...	34
Tabla 7 - Comparativa de los resultados de las simulaciones en el Miguel de Unamuno.	38
Tabla 8 - Comparativa de los resultados de las simulaciones en la Zona Interior .....	42
Tabla 9 - Comparativa de los resultados de las simulaciones con PVSyst en la Zona Exterior.....	45
Tabla 10 - Comparativa de los resultados de las simulaciones con PVDesign en la Zona Exterior.....	45
Tabla 11 - Ejemplo de balances económicos anuales.....	47
Tabla 12 - Comparativa de los resultados económicos para cada situación del Edificio Biblioteca.....	48
Tabla 13 - Comparativa de los resultados económicos de cada situación para el Edificio Miguel de Unamuno .....	50
Tabla 14 - Resultados económicos Edificio Residencia .....	52
Tabla 15 - Comparativa de resultados económicos para las distintas situaciones. Zona Interior.....	54
Tabla 16 - Comparativa de resultados económicos de las distintas situaciones. Zona Exterior.....	57
Tabla 17 - Comparativa de las zonas destacadas .....	64
Tabla 18 - Precio de los principales elementos .....	69



# Capítulo 1

## Introducción y objetivos

### 1.1 Introducción

La motivación principal del proyecto es llevar a cabo un estudio técnico y económico de una instalación fotovoltaica utilizando las zonas disponibles del Campus de Colmenarejo, con el fin de equiparar este campus al resto pertenecientes a la Universidad Carlos III, repartidos por Madrid.

Se propone realizar una entrega de investigación y un estudio preliminar de viabilidad de la instalación, ajustándose lo más posible a la realidad actual y diseñando la instalación de la manera más detallada posible. Se tendrán en cuenta, por lo tanto, las necesidades y demandas del usuario, en este caso, el elevado consumo de energía eléctrica demandada por el campus para las labores docentes y el uso de zonas de laboratorio.

Además, las nuevas normativas y la legislación favorables, promovidas por las actuales aspiraciones europeas por frenar el cambio climático y lograr un horizonte más sostenible; suponen un ambiente muy propicio para el proyecto, allanando el camino para la integración de energías renovables en ambientes urbanos y un uso más frecuente del autoconsumo.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los datos expuestos, las aspiraciones de que el estudio dé paso a un proyecto real son muy optimistas.

### 1.2 Objetivos

El objetivo principal de esta tesis es estudiar la viabilidad de compensar, una parte o completamente, los consumos de energía eléctrica demandados por un campus universitario, (en este caso el Campus de Colmenarejo); mediante el uso de fuentes renovables respetuosas con el medio ambiente (en este caso con energía solar fotovoltaica. De tal forma, que se comience a proyectar un modelo futuro basado en un sistema autosostenible y libre de emisiones de gases contaminantes para satisfacer la demanda de edificios públicos de grandes dimensiones en nuestro país.

En torno a este objetivo fundamental, surgen una serie de objetivos secundarios a los cuales se atenderán por separado:

- Estudiar la viabilidad técnica de colocación de módulos e instalación eléctrica en cubiertas de edificios con una arquitectura moderna, la cual implementa geometrías de tejados y cubiertas más complicadas.
- Comparar distintas situaciones, en cuanto a las zonas de instalación y orientaciones de los módulos, siguiendo las directrices de organismos públicos y estrategias ingenieriles para obtener el resultado energético más satisfactorio.
- Llevar a cabo un estudio económico empleando las tarifas y facturas reales que se aplican a la universidad, con la intención de demostrar la rentabilidad de este tipo de instalaciones en este ámbito de trabajo.

### 1.3 Fases del desarrollo

Para poder llevar a cabo el proyecto se han dividido varias fases de desarrollo:

- Interpretación de facturas eléctricas y datos de demanda anuales. La Universidad Carlos III dispone de aplicaciones y datos de dominio público para el registro de la energía eléctrica demanda por los distintos campus. Interpretando estos valores, se hace un cálculo cuantitativo de la potencia óptima a instalar de dispositivos fotovoltaicos, para ajustarse a las necesidades de la escuela.
- Estudio de las zonas de posible instalación. Resulta necesario realizar trabajo de campo para localizar las zonas de posible localización de módulos. Se revisan los tejados de los 3 edificios existentes en el campus y las zonas de suelo que están bajo la propiedad de la universidad. Una vez estudiada la viabilidad estructural, se toman medidas de dimensiones y pendientes.

- Estudio técnico energético. Mediante distintos programas y software especializados, se realizan los cálculos pertinentes para obtener los resultados técnicos en referido a balances energéticos.
- Estudio económico. Utilizando las tarifas actuales que se aplican a la universidad, se llevará a cabo un estudio económico para valorar la rentabilidad de la instalación, teniendo en cuenta los costes de inversión inicial (CAPEX) y la legislación actual de la región.

## 1.4 Medios empleados

Para todas estas tareas se utilizarán distintas herramientas específicas aplicadas en ingeniería:

- Google Earth Pro. Utilizado para la toma de medidas y dimensiones de las zonas susceptibles de instalación.
- AutoCAD y SketchUp. Para el modelado en 3 dimensiones de los edificios y las zonas de suelo.
- Matlab y Visual Basic. Se utiliza para el cálculo de la tarifa aplicada, la distribución de la generación solar y los cálculos de las facturas.
- Mateonorm y PVSyst. Programas específicos para el dimensionado y estudio energético de la radiación solar incidente en zonas geográficas.
- PVDesign. Para el estudio económico y el análisis de las necesidades materiales y dispositivos tecnológicos necesarios en la instalación completa.

## 1.5 Estructura de la memoria

Para facilitar la lectura del proyecto, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo.

En el *Estado de Arte e Integración de la Energía Solar Fotovoltaica en el Mercado Eléctrico Español*, se pretende dar una visión de la tecnología utilizada y sobre todo de la actualidad del panorama eléctrico nacional, atendiendo en las consecuencias de la introducción masiva de la energía solar fotovoltaica en el sistema.

En el capítulo *Diseño de la Instalación Fotovoltaica*, se abordarán los diversos estudios adaptados al Campus de Colmenarejo.

Finalmente se presentarán las conclusiones de los resultados energéticos y económicos.

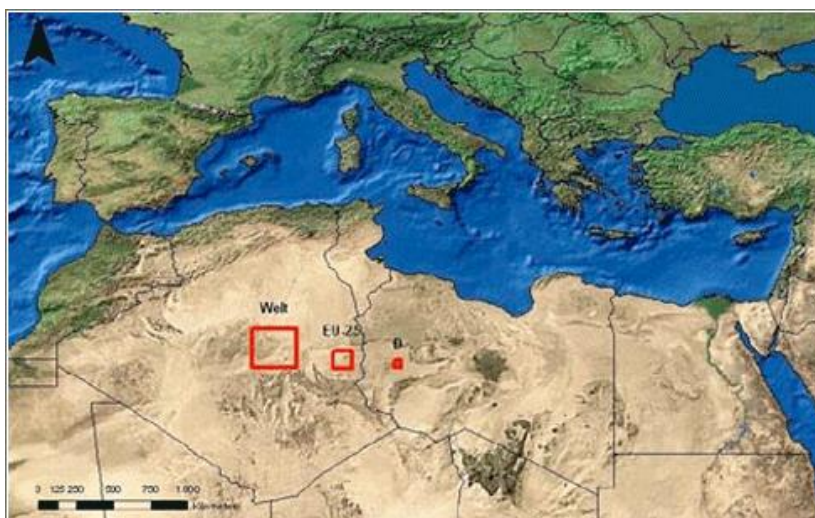
# Capítulo 2

## Estado del arte

### 2.1 Energía solar

La energía solar es aquella que proviene de la radiación que emite el sol y es recibida por la tierra a través de los rayos solares. Esta radiación atraviesa la atmósfera terrestre y transmite la energía que contiene, en la mayoría de los casos en forma de calor, a distintos elementos de la Tierra.

Esta radiación tiene un contenido de energía aproximado de  $1365 \text{ W/m}^2$ , según esto utilizando una ínfima parte de la superficie terrestre, se podría abastecer el consumo completo mundial.



**Ilustración 1 – Superficie de la Tierra necesaria para cubrir la demanda mundial con radiación solar [1]**



Esta radiación puede ser utilizada principalmente mediante 2 metodologías:

- Extracción de la energía en forma de temperatura. Al igual que ocurre con el viento y muchos movimientos de aguas marinas, ocasionados por el calentamiento de partículas por la radiación solar; se puede utilizar la energía solar en forma de temperatura. Esto se lleva a cabo en muchos tipos de tecnologías, las más conocidas son: paneles térmicos, colectores tipo fresnel, cilindroparabólicos, de torre central o discos Stirling.
- Extracción de la energía mediante efecto fotoeléctrico. Este método es utilizado por los módulos fotovoltaicos.

## 2.2 Tecnología Solar Fotovoltaica

La tecnología solar fotovoltaica se basa en el principio del efecto fotoeléctricos expuesto por Albert Einstein en 1905, teniendo en consideración las hipótesis de Planck, por el que recibió el Premio Nobel de la Física.

Consiste en utilizar la energía de los fotones incidentes en una superficie, para extraer de ésta los electrones de las capas más superficiales de los átomos; generando así espacios o huecos en las cortezas de los átomos y movimientos de cargas eléctricas negativas, que dan lugar a un flujo de corriente eléctrica.

El material utilizado para la captación de esta radiación suele ser el silicio, un material semiconductor que ofrece una mayor facilidad al movimiento de cargas por efecto fotoeléctrico. Este silicio se estructura diferente en las células fotovoltaicas dependiendo de la zona. En la capa superior de la celda el silicio es dopado, generalmente, con germanio, logrando una combinación con más electrones libres conocida como tipo n; en la capa inferior se busca obtener un resultado opuesto, que se lleva a cabo habitualmente con fósforo, obteniendo enlaces tipo p. De esta forma se facilita que en el material la circulación de electrones sea según se pretende y se establezca una diferencia de potencial entre los bornes de la célula y el módulo.

Según los aspectos constructivos con los que se realice el material de las células, los módulos pueden clasificarse en 3 tipos de silicio: monocristalino, policristalino, amorfo.

- Monocristalino. Las células de este tipo se fabrican a partir de silicio puro con un solo cristal y tienen una forma más redondeada a consecuencia de su fabricación en obleas cilíndricas. Son de una calidad mayor y consiguen extraer un mayor porcentaje de energía de la radiación solar, logrando por lo tanto un rendimiento un poco mejor. Por otro lado, los procedimientos de fabricación necesarios son más costosos e implican un precio final del módulo más alto. Según estas características este tipo de células son más utilizadas en situaciones donde el espacio es limitado y se necesita un tipo de material con mejores rendimientos.
- Policristalino. Este tipo de células se producen mediante silicio puro con varios cristales y tienen una forma cuadrada y un color generalmente más oscuro y asimétrico. Este material tiene una calidad menor que las células monocristalinas,

extrae menor energía de la radiación solar y por lo tanto tienen un rendimiento más limitado. Por otro lado, su proceso de fabricación es mucho más barato, lo que hace a este tipo de células más competitivas económicamente. Generalmente los módulos de material policristalino se utilizan en grandes centrales, en las que el espacio no es tan limitante.

- Amorfo. No utiliza el silicio cristalino por lo que tiene unos costes de producción mucho menos costosos. Sin embargo, tiene un rendimiento muy bajo, por lo que generalmente necesita el doble de espacio para extraer la misma potencia que las células de silicio cristalino. Son menos utilizados.

## 2.3 Sistema Eléctrico Español

España es uno de los países que más energía de origen renovable integra en su sistema eléctrico. A pesar de la baja interconexión de la península ibérica con el resto de Europa (menos interconexión que Inglaterra), lo que nos supone estar prácticamente aislados eléctricamente y no poder compensar las diferencias entre la oferta y la demanda mediante los desajustes de otros sistemas eléctricos, es una de las zonas con mejores recursos renovables; lo cual ha permitido un gran despliegue de energías alternativas, como la energía eólica y fotovoltaica.

En la siguiente tabla se muestra la potencia instalada en España de los distintos tipos de tecnologías, en la que se destaca la potencia de origen eólico, con en torno a 23 GW de potencia (un 23% del total), siendo junto con el ciclo combinado, la tecnología con más potencia instalada en el sistema. La tecnología que utiliza la energía solar tiene una potencia instalada de alrededor de 7 MW y en particular unos 4 MW de tecnología fotovoltaica (4% del total); estando aún muy alejada de los números de las tecnologías dominantes.

	Sistema peninsular		Sistemas no peninsulares		Total nacional	
	MW	%17/16	MW	%17/16	MW	%17/16
Hidráulica	17.030	0,0	2	0,0	17.032	0,0
Bombeo puro	3.329	0,0	-	-	3.329	0,0
Nuclear	7.117	-6,0	-	-	7.117	-6,0
Carbón	9.536	0,0	468	0,0	10.004	0,0
Fuel/gas	0	-	2.490	0,0	2.490	0,0
Ciclo combinado	24.948	0,0	1.722	0,0	26.670	0,0
Hidroeléctrica	-	-	11	0,0	11	0,0
Eólica	22.922	0,1	211	35,2	23.132	0,3
Solar fotovoltaica	4.439	0,0	247	0,2	4.687	0,0
Solar térmica	2.304	0,0	-	-	2.304	0,0
Otras renovables <sup>[1]</sup>	852	0,1	6	0,0	858	0,1
Cogeneración	5.818	-2,8	10	0,0	5.828	-2,8
Residuos no renovables	459	0,0	38	0,0	497	0,0
Residuos renovables	123	0,0	38	0,0	162	0,0
<b>Total</b>	<b>98.877</b>	<b>-0,6</b>	<b>5.245</b>	<b>1,1</b>	<b>104.122</b>	<b>-0,5</b>

[1] Incluye biogás, biomasa, hidráulica marina y geotérmica.

**Tabla 1 – Potencia instalada en España por tecnología**

En las siguientes 2 ilustraciones se muestran los datos de cobertura de la demanda energética por tecnología y en determinadas horas del día. Según se expone, las centrales nucleares, pese a tener menos potencia instalada que otras tecnologías, es la tecnología que más porcentaje de energía demandada cubre del sistema, con un 20%. Por su parte, la tecnología fotovoltaica cubre el 2% de total de la demanda energética del país en un año.



Ilustración 2 – Energía por tecnología [2]

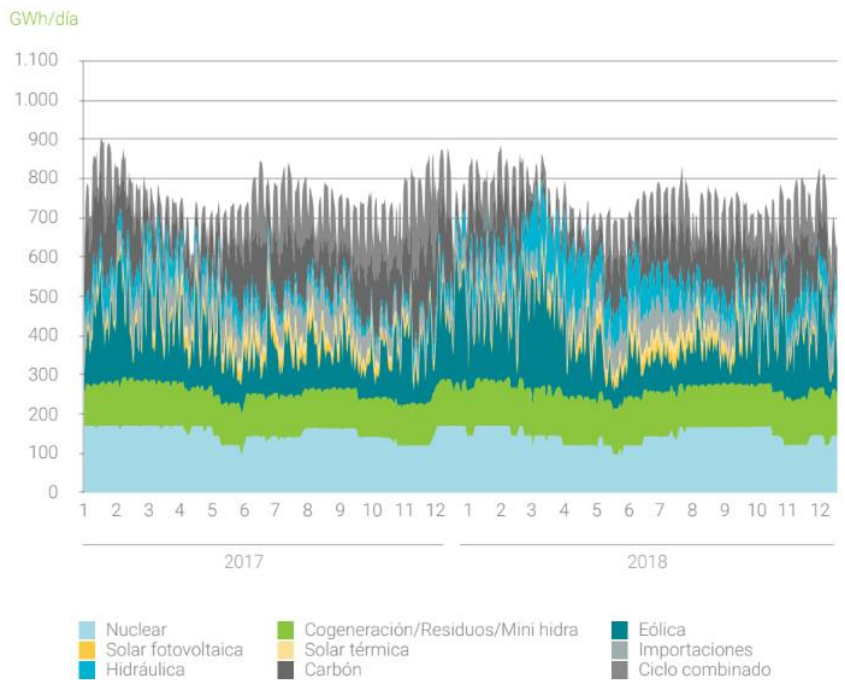
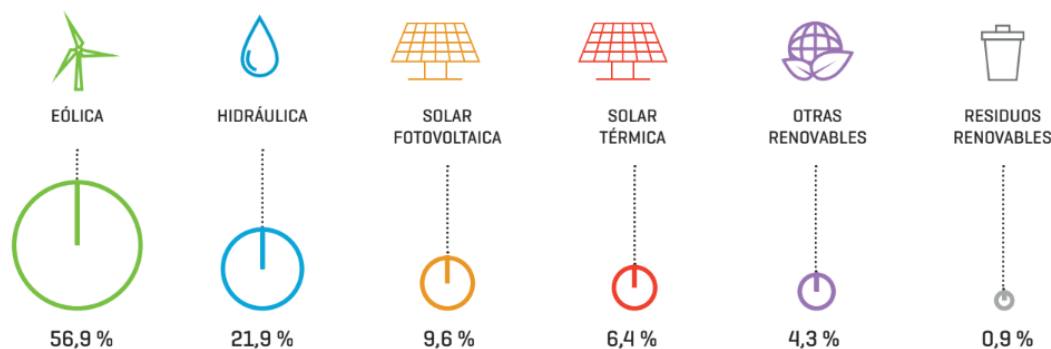


Ilustración 3 – Cobertura de la demanda por tecnología [2]

Siendo la demanda total de unos 250 GWh, la fotovoltaica aporta 5 GWh; por lo tanto, opera con un factor de capacidad de en torno al 15%, unas 1300 horas equivalentes.

Teniendo en cuenta que la energía solar fotovoltaica no puede producir durante las horas nocturnas, operan un número de horas equivalentes similar al resto de tecnologías (salvo la energía nuclear).



**Ilustración 4 – Producción energética renovable en 2018 [3]**

En cuanto a la comparativa dentro de las energías renovables, si se considera la energía hidroeléctrica como fuente renovable, la energía solar fotovoltaica se sitúa la tercera con una participación de casi el 10%. Como se comentaba antes, muy alejada todavía de los índices de producción eólico.

Todos estos datos detallan la situación actual en España, en la que la tecnología solar fotovoltaica no tiene una implicación de peso todavía; pero según los datos extraídos del tratado de París y distintos informes europeos [4], se espera que en un futuro la tecnología fotovoltaica alcance un gran peso en cuestiones de generación.

Se estima que en 2030 la energía solar fotovoltaica, en término de grandes centrales, alcance los 30 GW instalados en contraste con los 4GW actuales, para cumplir los requisitos impuestos por la Unión Europea; además en términos de autoconsumo en los hogares, la tecnología fotovoltaica es la mejor posicionada por la sencillez de instalación y las bajas necesidades de equipos.

En cuanto a estas expectativas de futuro, las últimas subastas de energía llevadas a cabo por el Estado han sido otorgadas, en una amplia mayoría, a proyectos fotovoltaicos [5] y el nuevo Real Decreto 244/2019 publicado en el BOE [6] apoya e incentiva la instalación de más potencia con tecnología fotovoltaica.

Según estos datos y las previsiones del informe presentado por la unión Española Fotovoltaica (UNEF) en la Feria Internacional de Energía y Medio Ambiente Genera 2019 [7], se augura unas buenas previsiones de futuro y un buen escenario de desarrollo para la tecnología.

# Integración de la Energía Solar Fotovoltaica en el Mercado Eléctrico Español

Como se ha mencionado, la utilización de la energía procedente de la radiación solar mediante módulos fotovoltaicos constituye un aporte al sistema eléctrico español muy beneficioso. En primer lugar, porque utiliza como fuente energía renovable que tiene un impacto prácticamente nulo sobre el medio ambiente y que su precio hoy en día es competitivo con las fuentes de generación convencional.

Por lo tanto, hasta ahora, las fuentes de generación con energía solar fotovoltaica, que no han llegado a vivir una aparición masiva en términos de potencia instalada (en torno al 3% del mix de generación energético en España [3]), han tenido una acogida e integración sencilla y completamente satisfactoria en el sistema.

Sin embargo, se pretende analizar las consecuencias y evolución de la tecnología en un mercado futuro en el cual la potencia ya instalada de origen renovable sea mucho mayor. Este estudio se centrará en los aspectos económicos y aspectos técnicos del sistema.

En primer lugar, referido a los aspectos económicos, la continua aparición de centrales de origen renovable que ofertan al mercado eléctrico a precio 0 o cubriendo sus costes de mantenimiento (que son aun así muy reducidos con respecto a las ofertas de otro tipo de tecnologías), tenderá a reducir el precio general del mercado; estableciéndolo muy por debajo de su precio actual. Por otro lado, centrándose únicamente en el incremento de potencia de energía solar fotovoltaica, el aporte de energía de estas plantas durante las horas de luz, tenderá a copar la generación durante esos periodos, rebajando mucho el precio del pool durante dichas horas.

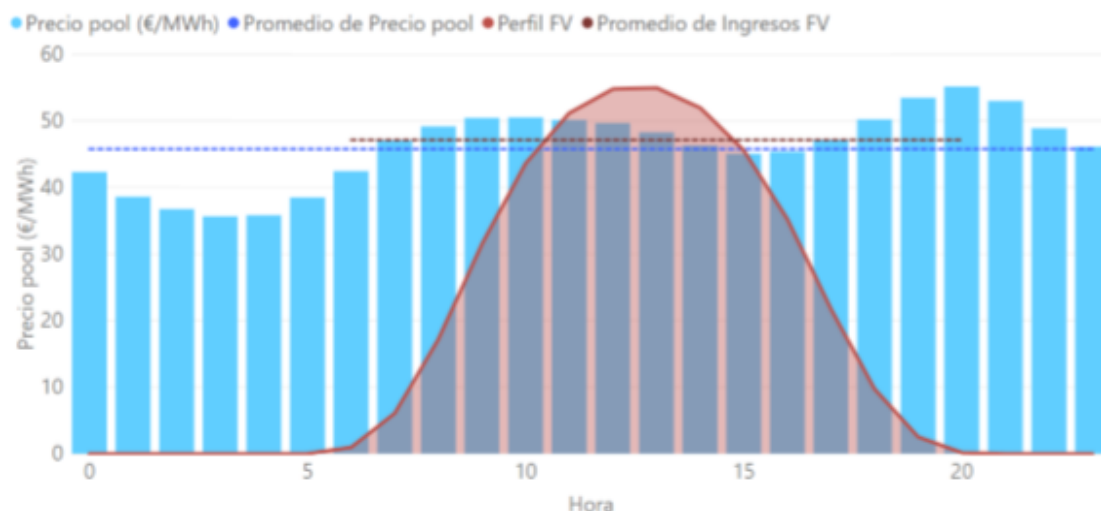
Para exponer este razonamiento se utilizará el factor de apuntamiento: este factor es el cociente entre el precio medio que obtiene una central por cada MWh que genera, con respecto al precio medio del mercado por cada MWh generado.

Es decir, como cada hora del día es casada en el pool con un precio, cada central de generación recibirá un precio medio de la energía en función de las horas en las que haya estado operativa.

En el caso de la tecnología solar fotovoltaica, sus horas de producción no pueden escogerse por la central, sino que dependen de las condiciones climatológicas y de las horas de luz. Pese a ello, tradicionalmente la tecnología gozaba de un factor de apuntamiento por encima de la unidad, es decir el precio al que se le retribuía la energía era superior a la media del mercado [2].

En la ilustración 5 se muestra un gráfico en el que se observa el precio general del mercado en cada hora, junto con la generación solar.

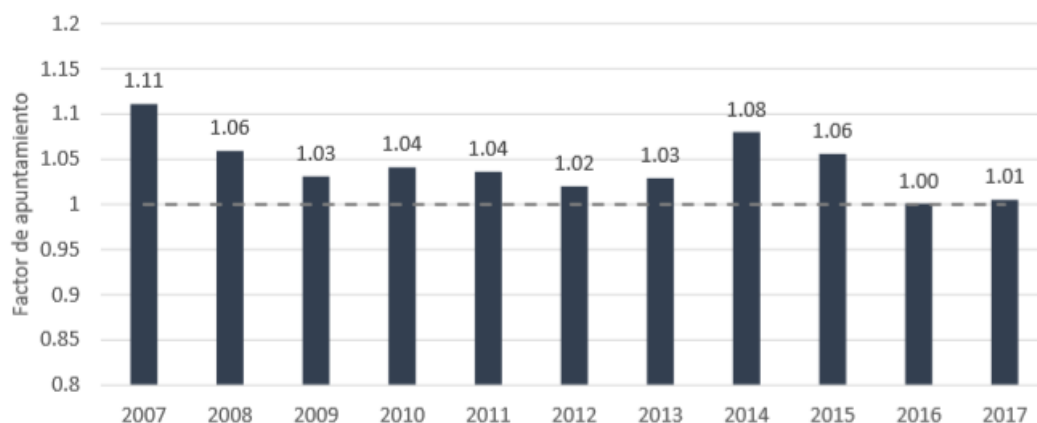
## CAPÍTULO 2: INTEGRACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL MERCADO ELÉCTRICO ESPAÑOL



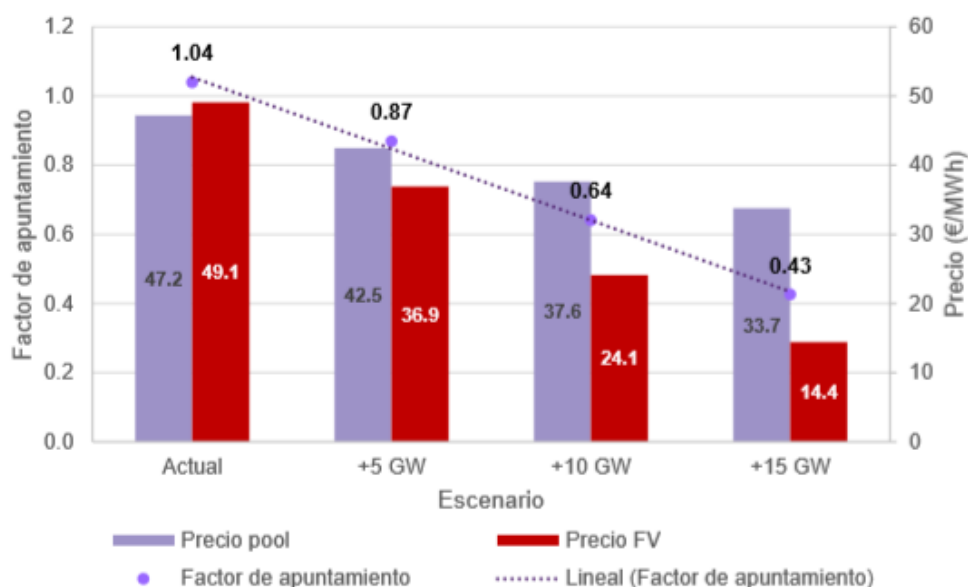
**Ilustración 5 - Comparativa del precio del pool con respecto al precio medio recibido por la solar fotovoltaica [8]**

Dado que el precio del mercado eléctrico de cada hora depende, en grandes rasgos, de la demanda de energía y del mix de generación y las pretensiones de instalación de potencia solar fotovoltaica son de unos 30 GW; las expectativas a largo plazo indican que, durante las horas de generación de energía por radiación solar, la demanda va a ser cubierta casi totalmente por la tecnología fotovoltaica, reduciéndose considerablemente el precio del pool en esas horas.

Consecuentemente con lo expuesto, el precio que percibirán las centrales de generación fotovoltaica se verá reducido por su masiva integración en el mercado eléctrico. En las siguientes ilustraciones 6 y 7, se presenta el factor de apuntamiento de los últimos años de la tecnología solar fotovoltaica y un estudio a futuro de lo que puede suceder en los próximos años según el incremento de la tecnología.



**Ilustración 6 - Historico de factor de apuntamiento para la generación fotovoltaica [8]**



**Ilustración 7 - Relación lineal entre el factor de apuntamiento y la potencia fotovoltaica instalada [8]**

Según este estudio, el factor de apuntamiento para la tecnología y por lo tanto los beneficios económicos se reducirán considerablemente.

En cuanto a los aspectos técnicos, hasta ahora la tecnología solar fotovoltaica, al igual que muchas centrales de origen renovable, no participaban en operaciones de regulación del sistema, es decir, no contribuían en regulación de tensión y frecuencia [9] [10]. Con esta metodología es insostenible un sistema eléctrico con una alta penetración de energías renovables; por lo tanto, a aspectos futuros, es necesario la utilización de nuevas normativas de regulación en las que participen las energías renovables.

Es por ello, que la tecnología solar fotovoltaica deberá participar en labores de restricciones y de regulación requeridas por el operador del sistema REE. Pero, teniendo en cuenta que la tecnología solar fotovoltaica no utiliza masas rodantes para la generación y por lo tanto no puede aportar inercia al sistema y que tampoco puede absorber potencia activa o reactiva por sí sola, necesitará de elementos añadidos al sistema que pueden satisfacer dichas necesidades y requisitos. Una buena solución podría ser el uso de baterías o super-condensadores que puedan aportar una respuesta rápida ante fluctuaciones en la red.

### 2.3.1 Legislación actual

Actualmente en España están vigentes diversos procedimientos de operación [9] para las centrales e instalaciones que emplean tecnología solar fotovoltaica para generación y en lo que a las pequeñas instalaciones en el ámbito del autoconsumo respecta, en el mes de abril de 2019 se aprobó el Real Decreto 224/2019 del 5 de abril [6] que trata y propone una normativa modificando la anterior.

## CAPÍTULO 2: INTEGRACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL MERCADO ELÉCTRICO ESPAÑOL

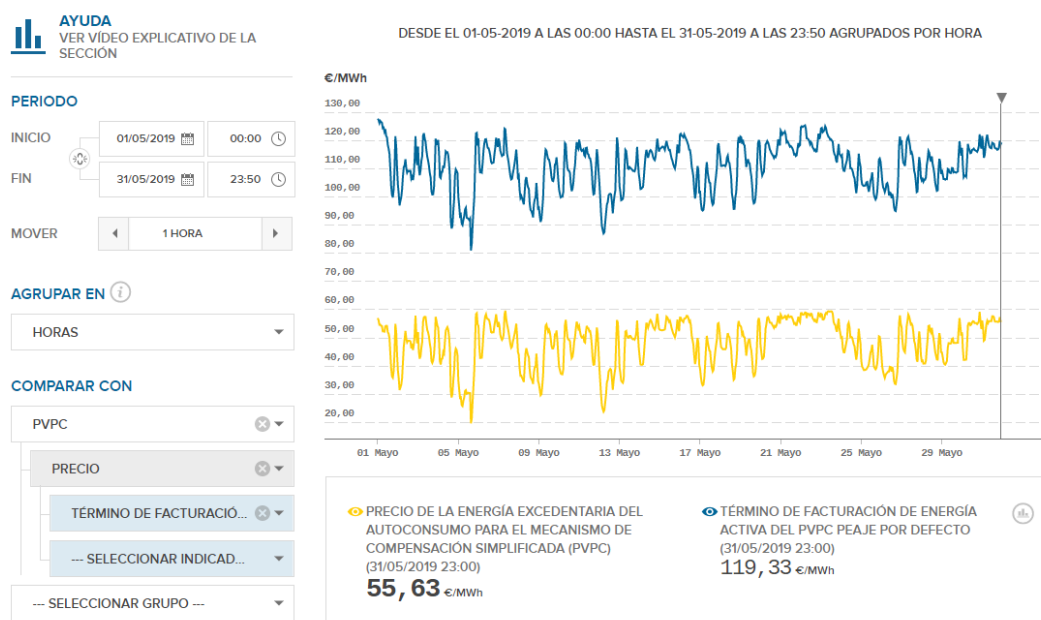
Este último Real Decreto facilita e incentiva en gran medida el uso de instalaciones de autoconsumo, que hasta entonces estaba muy restringido por el anterior Real Decreto 900/2015 [11].

La nueva normativa de autoconsumo diferencia principalmente entre 2 tipos de instalaciones de autoconsumo: sin excedentes o con excedentes.

Las instalaciones sin excedentes pueden autoconsumir la energía que producen sin necesidad de pagar ningún tipo de peaje por ella. Utilizarán un sistema de antivertido que impida la circulación de energía de la instalación hacia la red. Además, los clientes que se acojan a esta modalidad solo necesitarán un contador (el que ya utilizan) que mida la potencia que se demanda de la red. En cuanto a los procedimientos a llevar a cabo, las instalaciones de menos de 100 kW tienen un procedimiento muy simplificado, como se expone de forma muy sencilla en el borrador del IDAE [12].

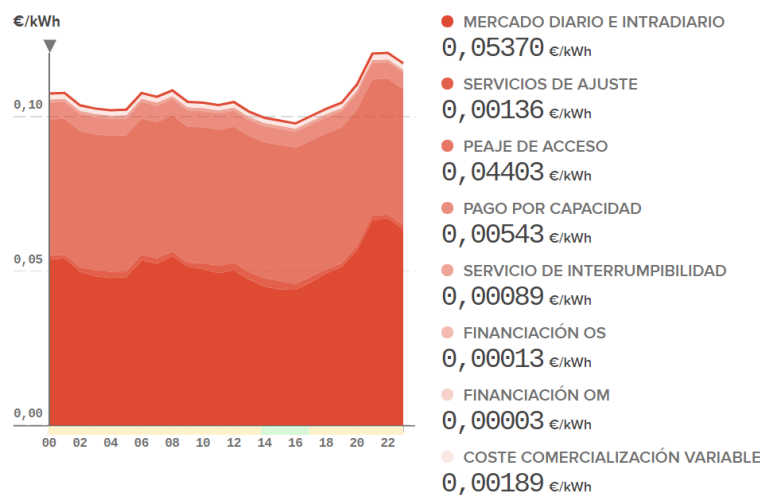
En el caso de instalaciones con excedentes, se distinguen a su vez 2 tipos: acogidas a compensación y no acogidas a compensación.

Las instalaciones que quieran acogerse al sistema con excedentes acogidas a compensación tienen que cumplir una serie de requisitos, entre ellos tener una potencia instalada menor a 100kW. En este caso autoconsumirán la energía que generen y tendrán la posibilidad de verter a la red el excedente siendo retribuido al precio medio horario (Pmh) o al precio acordado con la comercializadora. En la siguiente ilustración se muestra la comparativa entre el precio al que se cobra la energía y el precio al que se retribuye el excedente.



**Ilustración 8 - Comparativa entre el precio del PVPC y la retribución de excedentes por autoconsumo [13]**





Como se observa, el precio al que se cobra la energía estará siempre por encima del precio al que se retribuye el excedente. Esto se debe a distintos añadidos que se incluyen en el precio de PVPC, siendo el más significativo el peaje de acceso.

**Ilustración 9 - Componentes del PVPC [13]**

Además, en este tipo de contratos de autoconsumo la factura nunca podrá ser negativa, es decir nunca se cobrará más por la generación que la energía que se consume.

Por otro lado, las instalaciones que no cumplan los requisitos para acogerse a compensación o que no deseen hacerlo voluntariamente, se encasillarán en el régimen de “no acogidas a compensación”. En este caso la energía que generen y viertan a la red recibirá el mismo tratamiento que la energía renovable ofertada en el mercado eléctrico, recibiendo como ingresos el precio del mercado.

En conclusión, en el apartado económico se estima que los beneficios económicos que reciben las centrales de energía solar fotovoltaica puedan reducirse en un futuro, lo que puede suponer una desincentivación para los inversores de grandes centrales de generación, pero que supone grandes beneficios para los consumidores; lo cual pueda plantear un beneficio añadido para la tecnología. En el aspecto técnico, en un futuro la tecnología fotovoltaica deberá participar en los procesos de regulación al igual que lo hacen el resto de las centrales, necesitando de elementos auxiliares que permitan cumplir con dichas obligaciones. Por lo tanto, nada hace pensar que la integración de más tecnología solar fotovoltaica en el sistema vaya a suponer un problema, sopesando la inmensa mayoría de beneficios medioambientales que ofrece frente a los perjuicios técnicos o económicos que pueda causar.



# Capítulo 3

## Diseño de la Instalación Fotovoltaica

El objetivo principal del proyecto es realizar el estudio de viabilidad del emplazamiento para la instalación de una planta generadora con módulos fotovoltaicos.

Para ello se planteará la posibilidad de realizar la instalación tanto en las zonas de cubierta de los edificios como de las zonas en suelo susceptibles de instalación.

Se realizará además un estudio del consumo energético demandado por el campus para adaptarse a las necesidades y procurar acogerse al régimen de autoconsumo propuesto en el último Real Decreto 244/2019.

### 3.1 Detalles del emplazamiento

El emplazamiento se sitúa en la zona noroeste de Madrid, en la zona de Colmenarejo. El campus cuenta con una amplia zona de una superficie de 98883,5 m<sup>2</sup> y un perímetro de 1405 m, lo que equivale a casi 1000 hectáreas; con amplias zonas verdes y con 3 edificios en su interior: Edificio Miguel de Unamuno (edificio principal), Edificio Biblioteca, Edificio Residencia.

### 3.1.1 Localización

Las coordenadas exactas de la localización son: 40, 54° N y -4,01° E, todos los datos más detallados del emplazamiento se muestra en la Tabla 2.

Características de la localización de la planta fotovoltaica	
Ciudad / Localidad	Community of Madrid
Región	Madrid
País	Spain
Latitud	+40.54 °
Longitud	-4.01 °
Altitud	856.38 m s.n.m.

**Tabla 2 - Características de la localización**

En las siguientes *ilustraciones 10 y 11*, se muestra la posición de la localización en el mapa geográfico. A gran escala en la *ilustración 10* y con un enfoque más cercano y detallado en la *ilustración 11*.

Como se observa el campus de Colmenarejo se sitúa en una zona más alejada del núcleo urbano de Madrid, localizándose entre las zonas montañosas de la sierra madrileña.



**Ilustración 10 - Punto geográfico de la localización**

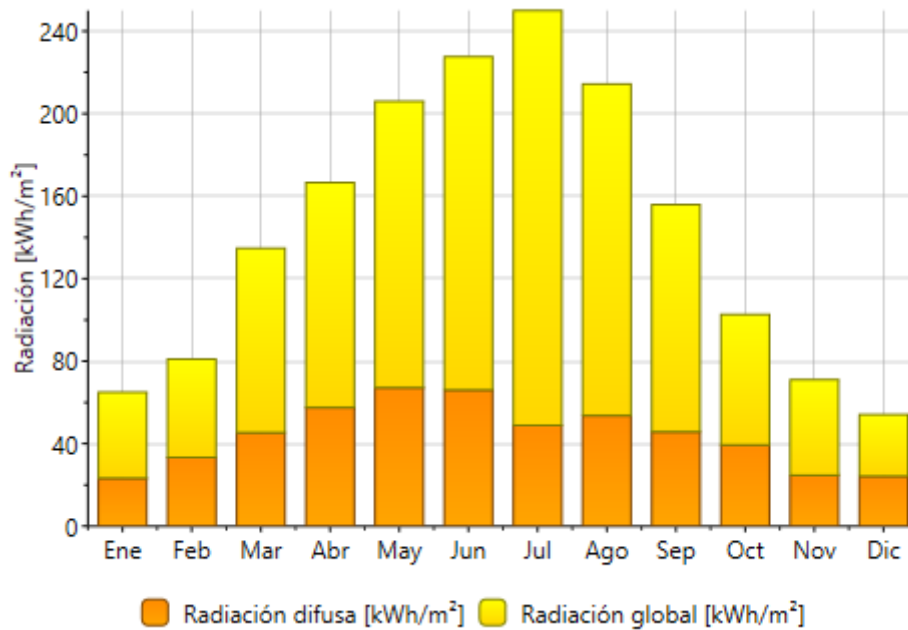


**Ilustración 11 - Vista más cercana del emplazamiento**

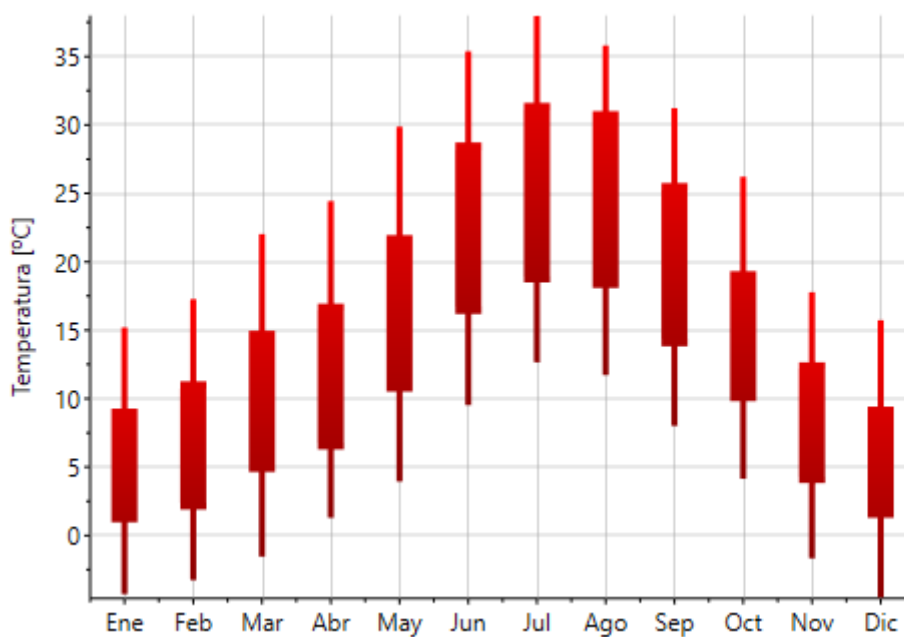
En esta localización los datos de radiación solar y condiciones climáticas aportados por el software Meteonorm son los expuestos en la *tabla 3* e *ilustraciones 12* y *13*.

	Gh (kWh/m <sup>2</sup> )	Dh (kWh/m <sup>2</sup> )	Bn (kWh/m <sup>2</sup> )	Ta (Cº)	Td (Cº)	FF (-)
ENE	65	23	118	4,6	-0,9	2,6
FEB	81	33	104	6,2	-0,8	2,8
MAR	135	45	166	9,5	0	3,4
ABR	167	58	180	11,7	1,9	3,4
MAY	206	67	217	16,3	4,5	2,9
JUN	228	66	244	22,9	6,7	3,1
JUL	250	49	301	25,1	7,1	3,3
AGO	214	54	254	24,5	7,5	3
SEP	156	46	193	20	6,3	2,7
OCT	103	39	133	14,2	5,4	2,7
NOV	71	25	120	7,9	1,4	2,7
DIC	54	24	89	4,9	-0,4	2,6
Total	1725	529	2120	14	3,2	2,9

**Tabla 3 - Datos de radiación y climatología en el emplazamiento (por Meteonorm)**



**Ilustración 12 – Datos radiación (por Meteonorm)**



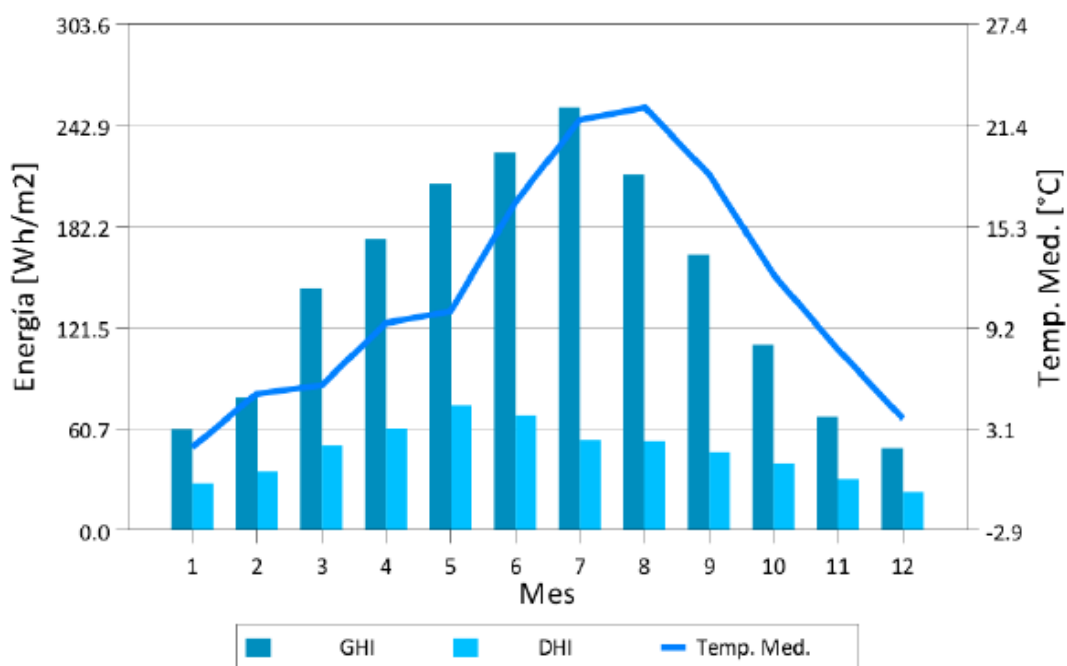
**Ilustración 13 - Datos de temperatura (por Meteonorm)**

Como se puede observar en las gráficas, coherentemente con la localización en el hemisferio norte, la radiación incidente y la temperatura son mayores en los meses de junio, julio y agosto, coincidente con la estación de verano y menores en los meses de invierno como diciembre, enero y febrero.

Por otro lado, se obtienen otros valores de los datos de radiación mediante la herramienta de software PVDesign que utiliza la base de datos de PVGIS. Los datos aportados son los siguientes (*Tabla 4 e Ilustración 14*).

Mes	GHI [kWh/m <sup>2</sup> ]	DHI [kWh/m <sup>2</sup> ]	Temperatura [°C]
1	60.8	28.0	2.1
2	79.8	35.4	5.2
3	145.1	50.7	5.8
4	174.7	61.3	9.5
5	207.6	74.9	10.2
6	226.9	68.8	16.7
7	253.6	54.2	21.7
8	213.5	53.3	22.4
9	165.4	46.6	18.4
10	111.3	39.7	12.5
11	67.8	30.8	7.8
12	49.1	22.9	3.8
Año	1755.6	566.6	11.3

**Tabla 4 - Datos de radiación y climatología (por PVDesign)**



**Ilustración 14 - Datos de radiación y temperatura (por PVDesign)**

Esta base de datos incluye informes desde 2005 hasta la actualidad, tiene una resolución de 4km por 4km y una incertidumbre de los datos de entre  $\pm 3\%$  y  $10\%$ .

Si se comparan ambas bases de datos, se observa que los resultados difieren en decenas de Watios por metro cuadrado en algunos meses, pero que, en su amplia mayoría, los informes aportados son muy similares, lo que confirma la veracidad y fiabilidad para su utilización.



### 3.1.2 Zonas de instalación

Referido a las zonas factibles de utilización en el campus, éste se divide en 6 zonas en la zona interior al campus, según se observa en la *ilustración 15* y cuenta con una amplia zona exterior de terreno propiedad de la universidad, que se expone en la *ilustración 16*.

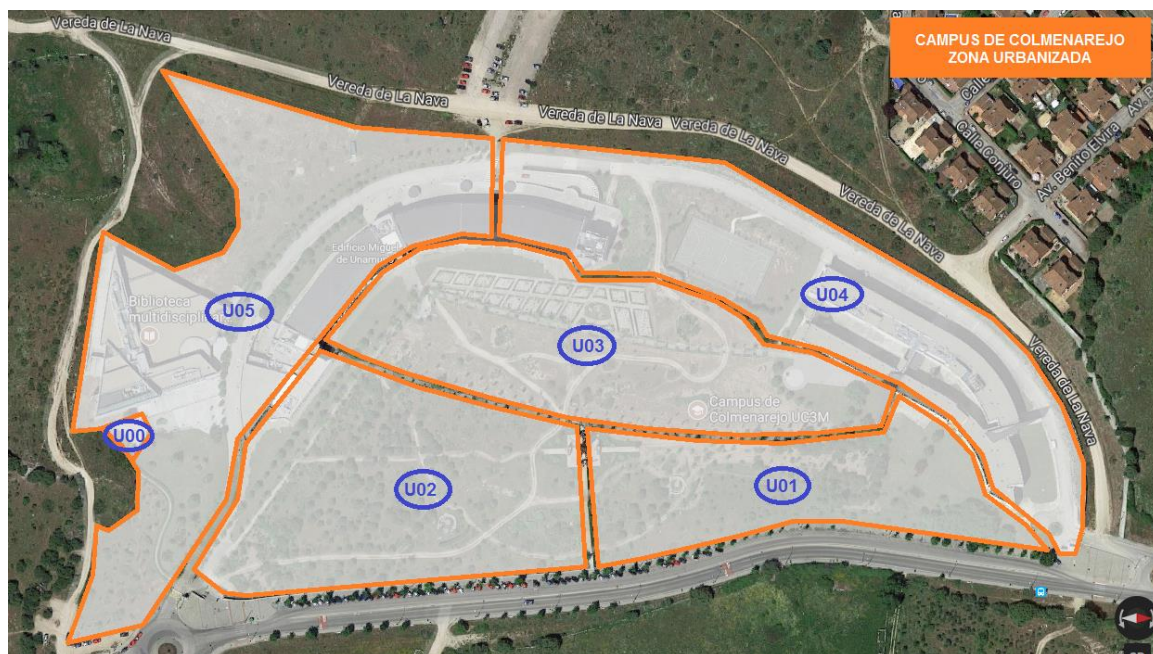


Ilustración 15 - Zonas interiores del campus

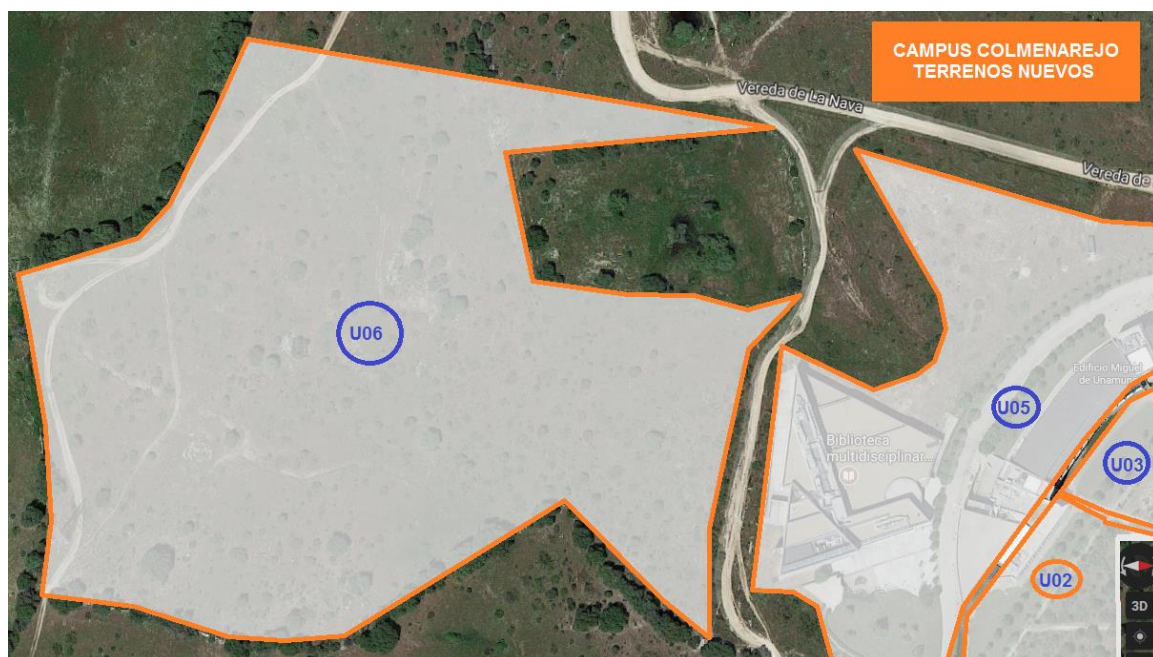


Ilustración 16 - Zona exterior del campus



Según estas opciones, se plantean inicialmente el estudio de viabilidad de instalación de módulos fotovoltaicos en los 3 edificios interiores y 5 zonas de suelo, visibles en la *ilustración 17*.



**Ilustración 17 – Zonas planteadas inicialmente para la instalación**

Las zonas de edificios a ocupar serán: el edificio de la Biblioteca, el edificio principal Miguel de Unamuno y el edificio Residencia.

Referido a las zonas de suelo: la denominada Zona 1 es la zona ubicada en la zona trasera del campus, muy cercana a la puerta que conecta con el aparcamiento de tierra, situada detrás de la biblioteca. Es una zona bastante amplia, delimitada por una valla limítrofe de la universidad y no es zona de paso. Cuenta con muy poca vegetación destacando algún arbusto pequeño y tiene un cierto desnivel.

La Zona 2 se encuentra justo a la izquierda de la entrada principal, es una zona más reducida, la delimita una zona de paso y cuenta con cierta vegetación y un desnivel más marcado.

La Zona 3 es una zona muy amplia localizada a la derecha de la entrada principal y en frente al edificio Miguel de Unamuno. Cuenta con abundante vegetación, es zona de paso, pero su desnivel es prácticamente nulo.

La Zona 4 está localizada frente al edificio de la Residencia. Es una zona amplia, con abundante vegetación y arboleda, es zona de paso y su desnivel es prácticamente despreciable.

Por último, la zona exterior es muy extensa, pero con mucha vegetación y alto desnivel



**Ilustración 18 – Zona 1**



**Ilustración 19 – Zona 1**



**Ilustración 20 - Zona 2**



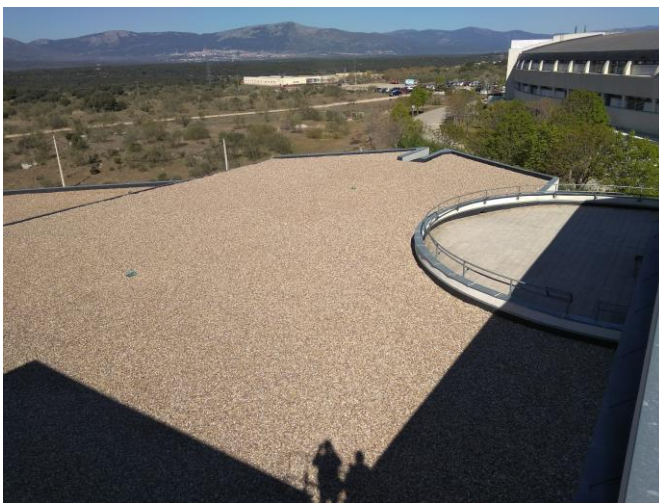
**Ilustración 21 - Zona 3 y 4**





**Ilustración 22 - Zona exterior**

En cuanto a la cubierta de los edificios: El edificio de la Biblioteca fue construido en 2003, cuenta con una cubierta complicada, con una geometría variable y con muchas zonas a distinta altura. Pese a ello, tiene mucha área potencialmente utilizable para la instalación de módulos fotovoltaicos. Una de las problemáticas añadidas a la cubierta para la instalación de módulos fotovoltaicos es la alta exposición al viento de esta, sin ningún elemento que le sirva de pantalla corta-vientos.



**Ilustración 24 - Edificio Biblioteca**



**Ilustración 23 - Edificio Biblioteca**



**Ilustración 25 - Edificio Biblioteca**

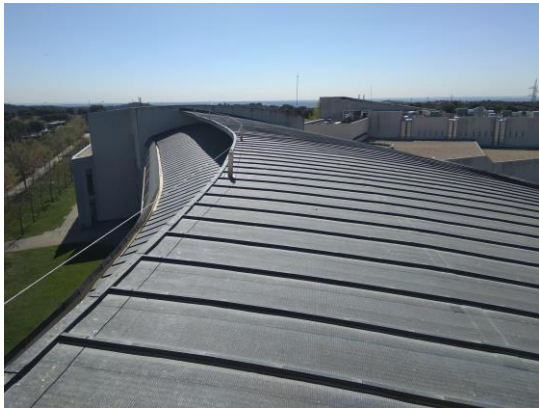
El edificio Miguel de Unamuno es el edificio principal del campus. Fue construido en 1999, en primera instancia el módulo 1, posteriormente se extendió anexionando una zona frontal que se utiliza como cafetería y finalmente un segundo módulo en la cara posterior para ampliarlo. Es el edificio donde se imparten las clases y es el más voluminoso de los 3 edificios del campus.

Cuenta con 3 zonas de distintas de cubiertas. La primera, la cubierta de la cafetería, es la más plana con una inclinación constante y una disposición hacia el sur; la segunda es la cubierta de los módulos 1 y 2, es una cubierta de chapa dividida en 2 trozos con una inclinación variable y muy acusada en el final y la tercera es la cubierta de la zona de unión de los 2 módulos, es una cubierta lisa y plana.



**Ilustración 26 – Visual aérea del Edificio Miguel de Unamuno**





**Ilustración 28 - Cubierta Miguel de Unamuno**



**Ilustración 27 - Cubierta Miguel de Unamuno**

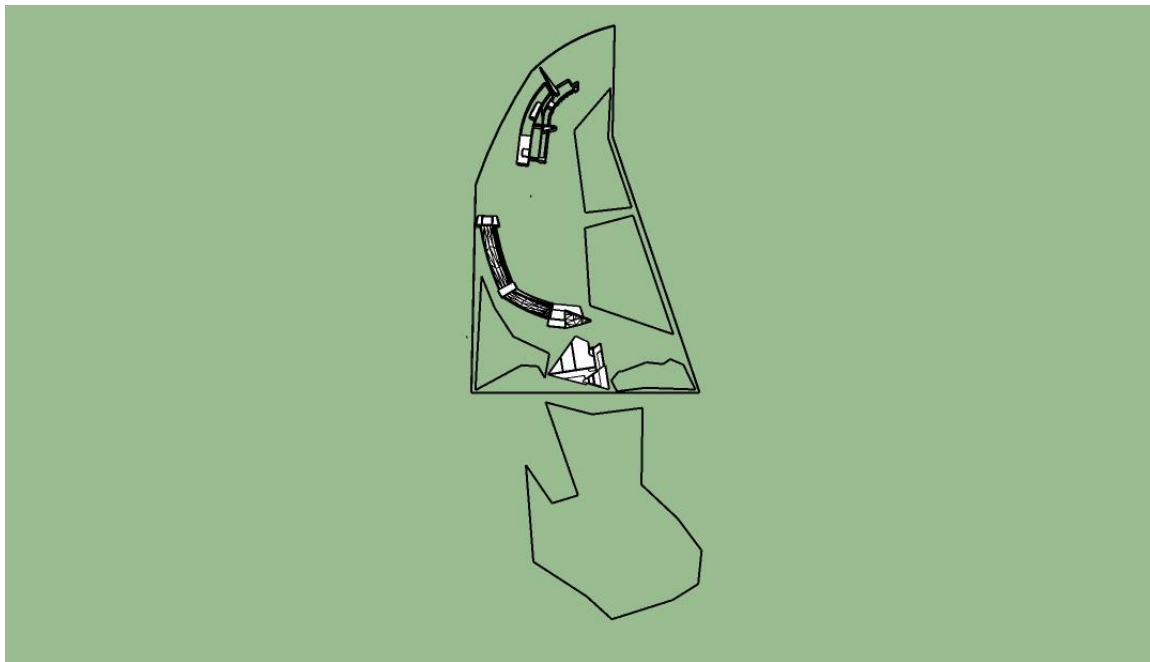
Como se puede analizar, el recubrimiento de la zona de la cubierta de los módulos 1 y 2 resulta mucho más complicada y menos viable para llevar a cabo la instalación de módulos fotovoltaicos.

Finalmente, el edificio de la Residencia fue construido en 2005, no pertenece a la universidad, si no a la Fundación Universidad Carlos III y actualmente está deshabitado y solo tiene un uso de alquiler para el rodaje de series televisivas. En cuanto a su cubierta, es bastante plana, pero con bastantes elementos auxiliares, los cuales dejan libre una superficie de la cubierta más reducida.

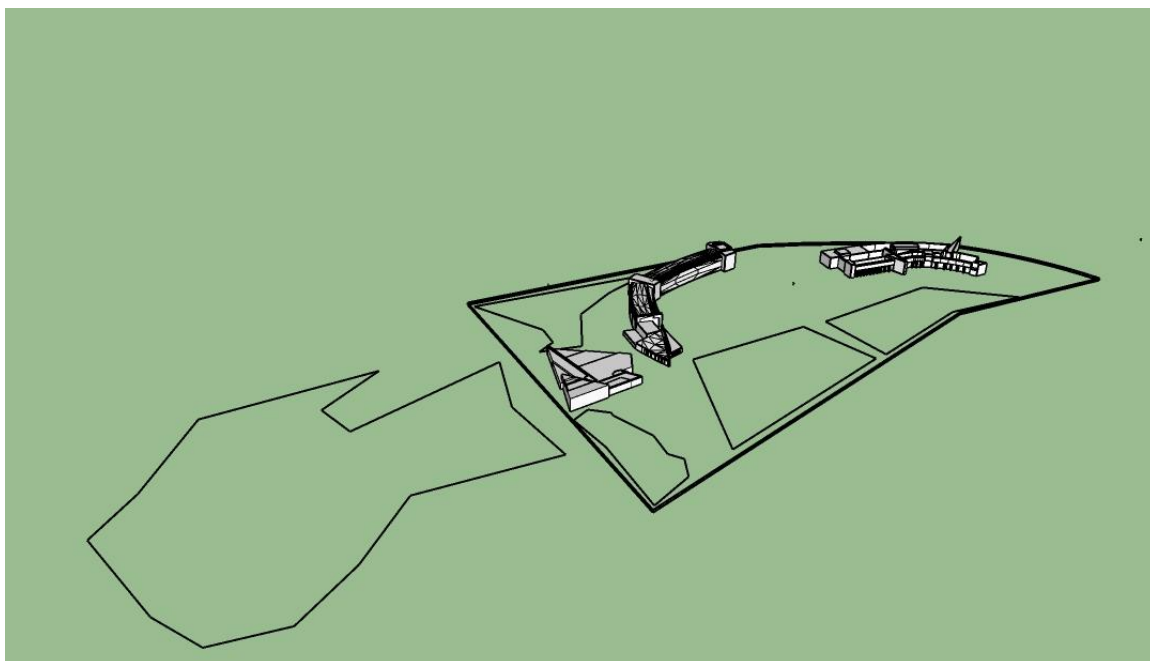


**Ilustración 29 – Visual aérea del Edificio Residencia**

De todos estos edificios y zonas de suelo se toman medidas mediante la aplicación de Google Earth, para realizar un diseño y modelado lo más exacto posible mediante AutoCAD como se muestran en las *ilustraciones 30 y 31*.



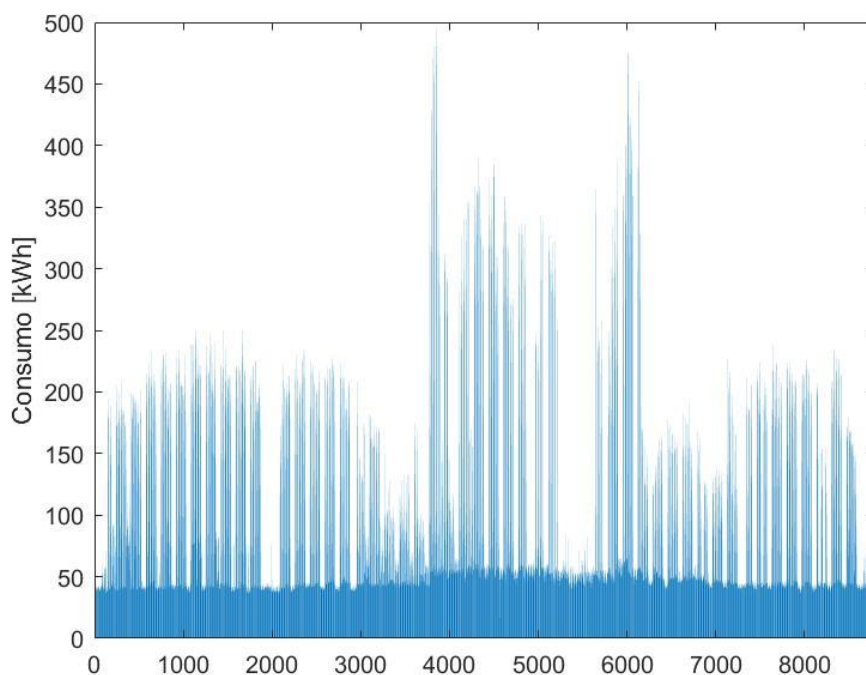
**Ilustración 30 – Diseño completo de campus mediante AutoCAD (Vista de planta)**



**Ilustración 31 - Diseño del campus completo mediante AutoCAD (Vista isométrica)**

### 3.1.3 Demanda

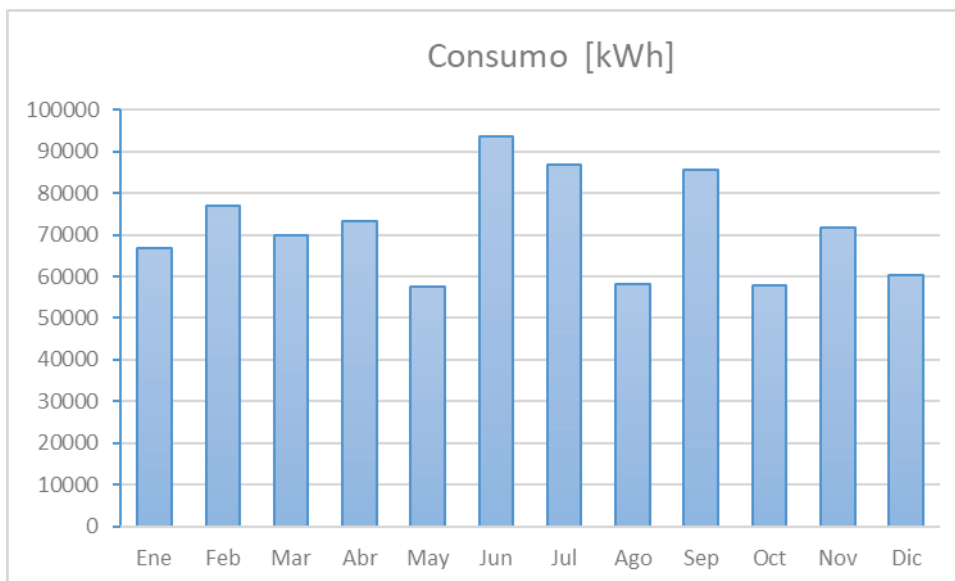
La demanda de energía eléctrica anual demandada por el campus de Colmenarejo se muestra en la *ilustración 32*, correspondiente al año 2016.



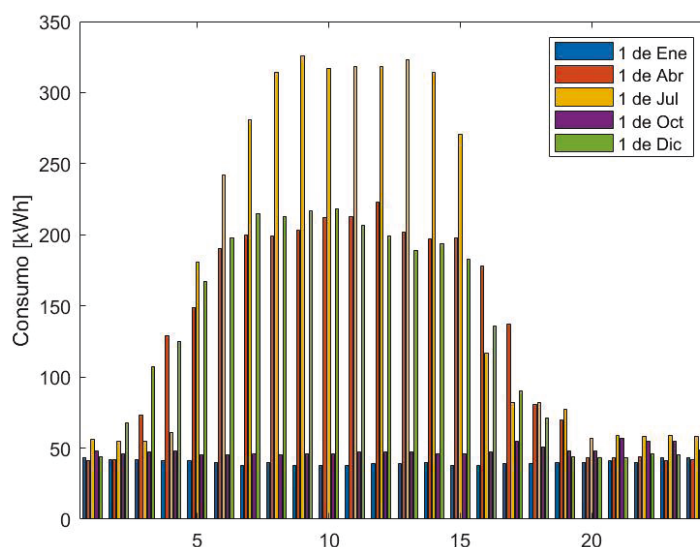
**Ilustración 32 - Consumo anual en Colmenarejo**

Como se muestra en la imagen, el consumo tiene una evolución muy variable dependiendo del día, llegando hasta picos muy elevados en ciertas ocasiones de hasta 500 kWh. Sin embargo, se observa que en casi todo momento hay una demanda base de en torno a 40 kWh para abastecer los servicios mínimos de la universidad. Cabe destacar algunos puntos donde el consumo cae a valores mínimos como lo son la semana santa y ciertas semanas de los meses de verano.

En las siguientes 2 gráficas (*ilustración 33* e *ilustración 34*) se muestra el consumo repartido en los distintos meses y el consumo horario en días representativos de cada estación.



**Ilustración 33 - Consumo mensual**



**Ilustración 34 - Consumo horario**

En cuanto al consumo de cada mes, si bien es cierto que el consumo aumenta en los meses iniciales del verano en los que aún hay actividad docente, no se observa una tendencia o escalón de consumo muy apuntado en ninguno de los meses.

Por otro lado, en la gráfica de consumo horario se muestra como el consumo en ciertos días puede ser el mínimo requerido, como ocurre en el 1 de enero o el 1 de octubre y como tiene una tendencia de consumo mayor durante el horario lectivo, muy similar a las horas de sol, en los días habituales. Esta última característica que asemeja las horas de consumo a las horas de generación por parte de los módulos, aporta más sentido aún a esta generación mediante radiación solar.

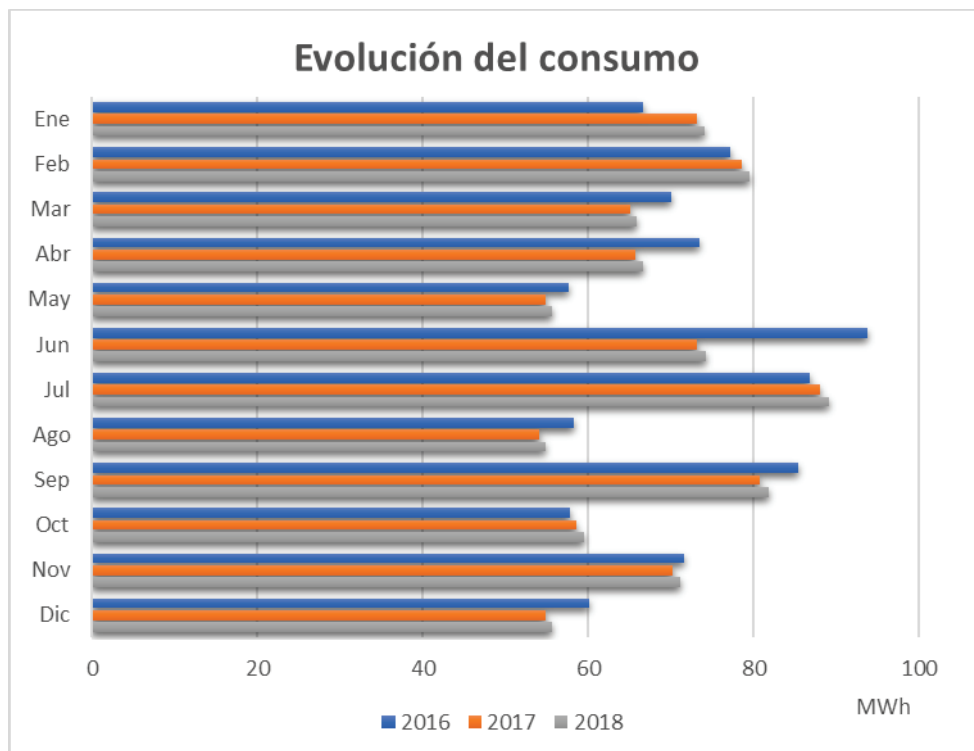
La utilización de baterías de almacenamiento de energía que permitiesen desplazar la generación a las horas de consumo se desincentiva siendo estas horas, en las que el



consumo mayor, las mismas que las horas de mayor generación por parte de la instalación fotovoltaica.

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, para el estudio de la instalación fotovoltaica en el campus, es estimar la evolución de este consumo en los 20 años aproximados de vida útil de la instalación. Para obtener esta previsión se aplicará un aumento del consumo según el PIB nacional; puesto que esto es lo que ocurre habitualmente en los países desarrollados y por otro lado un descenso por la mejora de la eficiencia de los edificios y dispositivos electrónicos.

Para estimar la mejora en la eficiencia se aplicará un factor según los datos existentes de consumo de 2016, 2017 y 2018. En la *Ilustración 35* se muestra la evolución mensual del consumo en los 3 años mencionados.



**Ilustración 35 -Evolución de consumo anual en el campus**

Como se muestra, ciertamente el consumo anual del campus descendiendo a razón de un 4,8%.

### 3.1.4 Situaciones Planteadas

En un primer instante se tienen en cuenta todas las zonas disponibles en el campus comentadas en el apartado 3.1.2 *Zonas de campus*. Sin embargo, tras realizar una visita con trabajo de campo y evaluación in-situ de las instalaciones se toman decisiones sobre las zonas susceptibles de instalación para los módulos.

Se evalúa la cubierta de la Biblioteca, escogiendo bastantes zonas de su cubierta con opción de instalación de módulos. Se plantearán distintas situaciones con el ángulo de

inclinación más recomendado para la latitud del emplazamiento, 30 grados y otra inclinación menos óptima pero que permita la introducción de más módulos por menos sombreado, 20 grados. Además, se jugará con la distancia de separación entre módulos partiendo de las recomendaciones propuestas por IDAE.

Se descarta las 2 cubiertas más amplias del edificio principal Miguel de Unamuno como consecuencia de su pendiente variable y el material poco apto para labores de instalación. Por lo tanto, solo se plantea la utilización de la cubierta de la zona de la cafetería, la cual tiene cierta pendiente y orientación sur y el nexo de unión entre las 2 alas del edificio. Se planteará una opción más realista que evite el impacto visual y el riesgo de soportar las rachas de viento colocando los módulos coplanarios a la cubierta y otras situaciones en las que se plantee utilizar una inclinación más óptima.

En cuanto al edificio de la Residencia, la cubierta es completamente plana y más sencilla que la de los otros 2 edificios, por lo que no se aplicará ningún tipo de restricciones.

Referido a las zonas de suelo planteadas para la instalación, siguiendo la enumeración planteada en la *ilustración 17*, se descartan las zonas 3 y 4. Teniendo en cuenta que los objetivos del proyecto son tener un ahorro económico en la factura anual de electricidad y ser más respetuosos con el medio ambiente, no se plantea la situación de llevar a cabo una amplia destrucción de vegetación existente. Es por ello que la zona 3 y zona 4 se descartan por ser zonas de paso con un gran número de árboles y arbustos de grandes dimensiones y altura que implicarían muchas pérdidas por sombreado. Además, la zona 2 es descartada pese a que no es zona de paso ni tiene grandes arbustos, porque es una zona con una amplia vegetación. Por lo tanto, solo se llevará a cabo un estudio sobre las zonas 1, considerada a partir de ahora como la zona interior del campus y la zona 5 considerada como la zona exterior.

### 3.1.5 Simulaciones

Estas simulaciones se realizarán con los softwares PVSyst y PVDesign, planteando diferentes escenarios modificando el ángulo de orientación (azimut), el ángulo de inclinación de los módulos y sobre todo la distancia entre módulos contiguos.

El objetivo principal de estas propuestas es obtener resultados significativos de la logística a aplicar, buscando el comportamiento óptimo energético y sobre todo económico, enfrentando la posibilidad de introducir más módulos frente a sufrir, de tal forma, más pérdidas por sombreado.

Los elementos que serán comunes para todos los escenarios planteados serán los módulos fotovoltaicos y 6 opciones de inversores a utilizar. EL módulo utilizado es el ET-M672345WW/WB 345W de la empresa EliTe; las especificaciones técnicas se recogen en el *Anexo I*. Los inversores aplicables están recogidos en la *Tabla 5*.

inversores	
Potencia	Modelo
1,5 kW	EnaSolar 1.5kW
2 kW	EnaSolar 2kW
3 kW	EnaSolar 3kW
5 kW	Power PV 5
10 kW	GES2-10KTL
50 kW	Power PV 50
1 MW	Brilliance 1000 kW CEC

**Tabla 5 - Inversores utilizados**

Uno de los términos más mencionado y más utilizado en instalaciones de energía solar para evaluar la eficiencia de las plantas, es el *Performance Ratio* (PR) o coeficiente de rendimiento de la instalación.

Este valor aporta una medida de la calidad de la planta y de la energía que es capaz de utilizar comparada con la energía solar disponible, es indiferente del emplazamiento y por lo general otorga una visión de lo que ocurre en condiciones de trabajo reales sobre el estudio teórico.

Es función de muchos factores los principales a tener en cuenta son:

- Radiación solar
- Periodo de medida
- Pérdidas
  - Por sombreado
  - Por temperatura
  - De conducción
- Eficiencia de los módulos
- Eficiencia de los inversores
- Orientación e inclinación de los módulos

Los valores típicos del PR oscilan entre 0,5 y 0,9; para sistemas aislados se suele tomar como referencia valores de 0,7 y 0,6 en el caso de sistemas aislados con baterías. Cabe destacar que el valor del coeficiente de rendimiento puede incluso llegar a exceder valores por encima del 100% a causa de que utiliza valores comunes o habituales como radiación de 1000 W/m<sup>2</sup> o temperaturas de 25°.

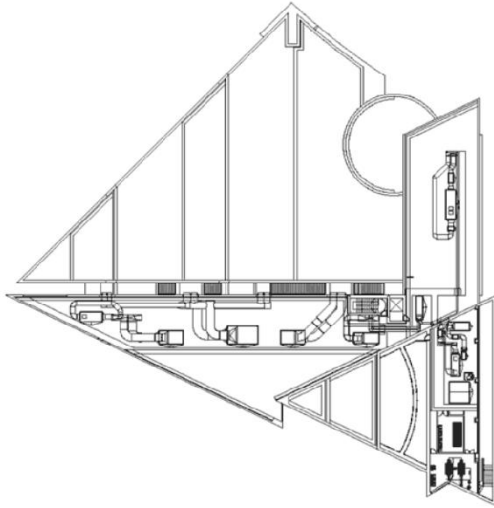
## Biblioteca

El edificio de la Biblioteca es el más complicado de los 3 existentes en el campus en cuanto a la geometría de la cubierta. Tiene muchas zonas a distintos niveles lo que dificulta que no se generen sombras por el propio edificio; en contra partida, casi todos los puntos de la cubierta son planos, lo cual facilita la colocación y orientación de los módulos.

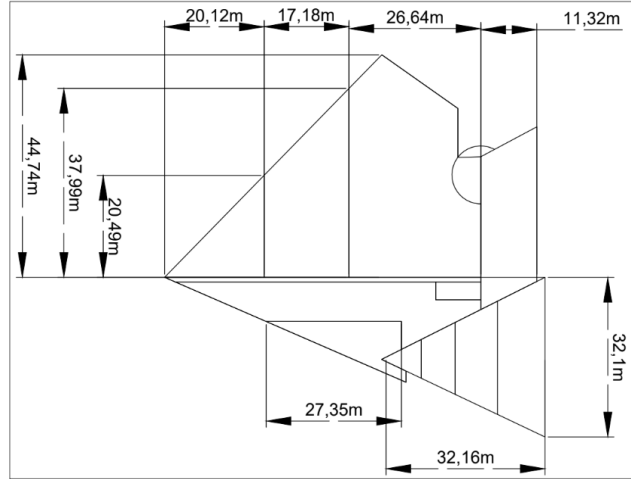
En la *ilustración 36* se observa la cubierta del edificio de la Biblioteca y los elementos auxiliares que alberga (imagen de dominio público) y en la *ilustración 37* se presentan las

### Capítulo 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

medidas de cada zona de cubierta, extraídas mediante Google Earth. Según estas medidas se realiza un modelo del edificio a fin de ser utilizado para representar el espacio del que se dispone para colocar los módulos.

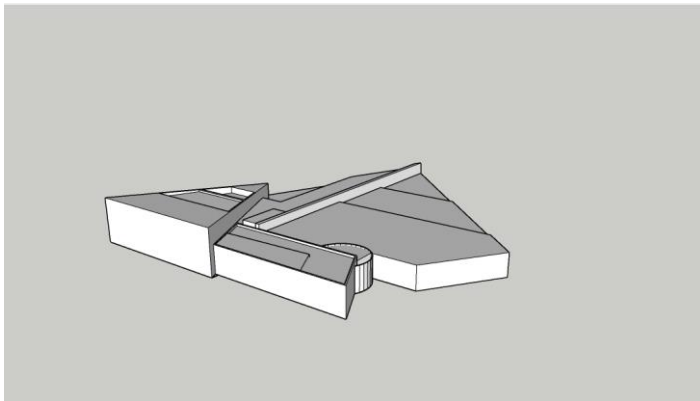


**Ilustración 36 - Imagen de elementos en la cubierta de la Biblioteca [13]**

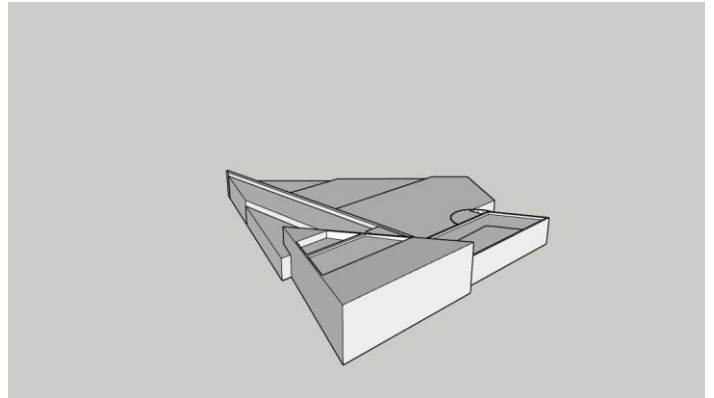


**Ilustración 37 - Medidas de la Biblioteca (realizadas con AutoCAD)**

Este diseño se realizará mediante AutoCAD para posteriormente ser exportado a los softwares de simulación de cálculos energéticos. En las 2 ilustraciones siguientes se muestra el diseño realizado.



**Ilustración 39 - Vista noreste del diseño de la Biblioteca**

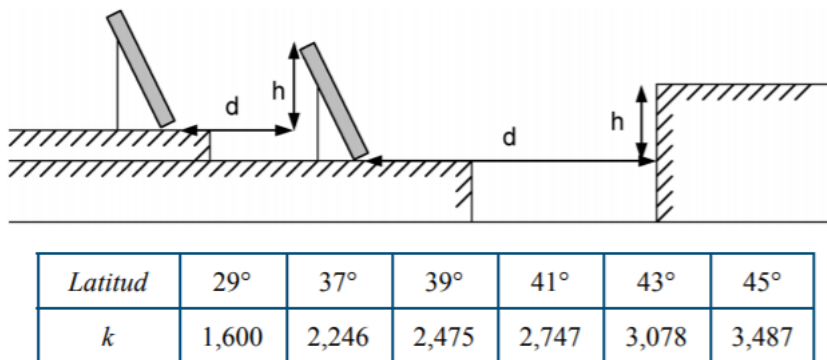


**Ilustración 38 - Vista sureste del diseño de la Biblioteca**

Se plantearán 2 escenarios principales referidos al ángulo de orientación. Un primer caso orientando los módulos al sur y un segundo siguiendo la línea de construcción del edificio, lo que supone un azimut de alrededor de 20°.

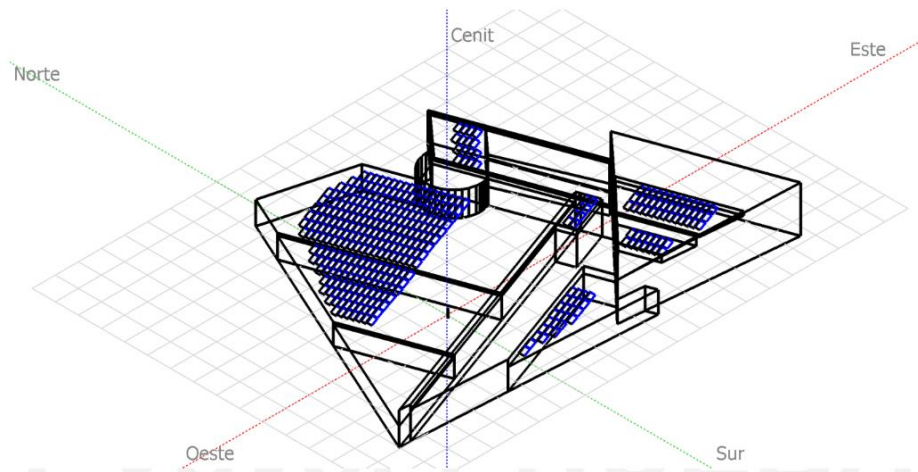
En segundo lugar, se planificarán 2 escenarios modificando el ángulo de inclinación, el primero colocando los módulos 30 grados inclinados, lo cual se acerca al óptimo teniendo en cuenta la latitud del emplazamiento y un segundo escenario con una inclinación de 20 grados, buscando la posibilidad de reducir las pérdidas por sombreado cercano entre módulos.

A su vez, se plantearán distintas situaciones según la distancia entre módulos, tomado como punto de partida la hipótesis recomendada por la formulación de IDAE (*ilustración 40*). Para la inclinación de 30 grados se jugará las distancias entre módulos de: 3, 2.4 (recomendado de IDAE), 2, 1.7, y 1 metros. En el caso de la inclinación de 20 grados, se estudiarán situaciones con espaciado de 2, 1.7 y 1 metros.



**Ilustración 40 - Recomendaciones de IDAE para separación entre módulos [14]**

Las zonas de disposición de los módulos fotovoltaicos propuestas se muestran en la *ilustración 41*.



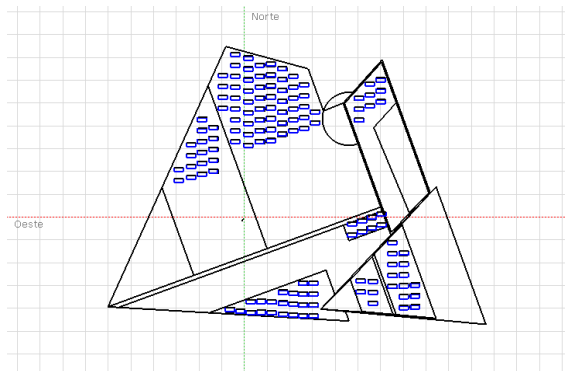
**Ilustración 41 – Perspectiva del campo fotovoltaico en Biblioteca**

Como se puede observar se distinguen 7 zonas en la cubierta susceptibles de colocar los módulos, las cuales serán evaluadas como 7 sub-generadores distintos en la simulación con PVSyst.

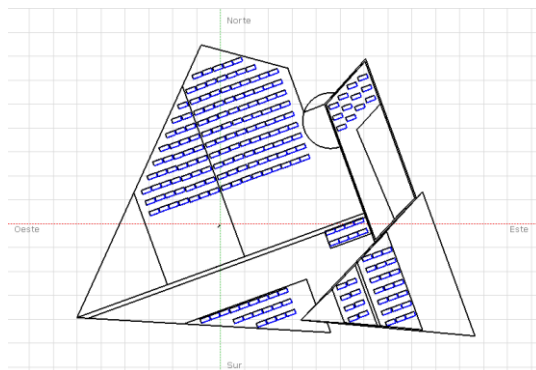
En las *ilustraciones 42 y 43* se presenta la disposición de los módulos según las 2 situaciones planteadas en cuanto a la orientación de estos. Como se observa, con una

### Capítulo 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

colocación orientada a seguir las líneas constructivas de la cubierta, pese a que se pierda rendimiento por menor captación de la radiación, se aprovecha mucho mejor la superficie disponible permitiendo colocar más módulos y se incurre en menos problemas estéticos del edificio.



**Ilustración 42 - Biblioteca. Módulos con ázimet 0° (vista de planta)**



**Ilustración 43 - Biblioteca. Módulos con ázimet 20° (vista de planta)**

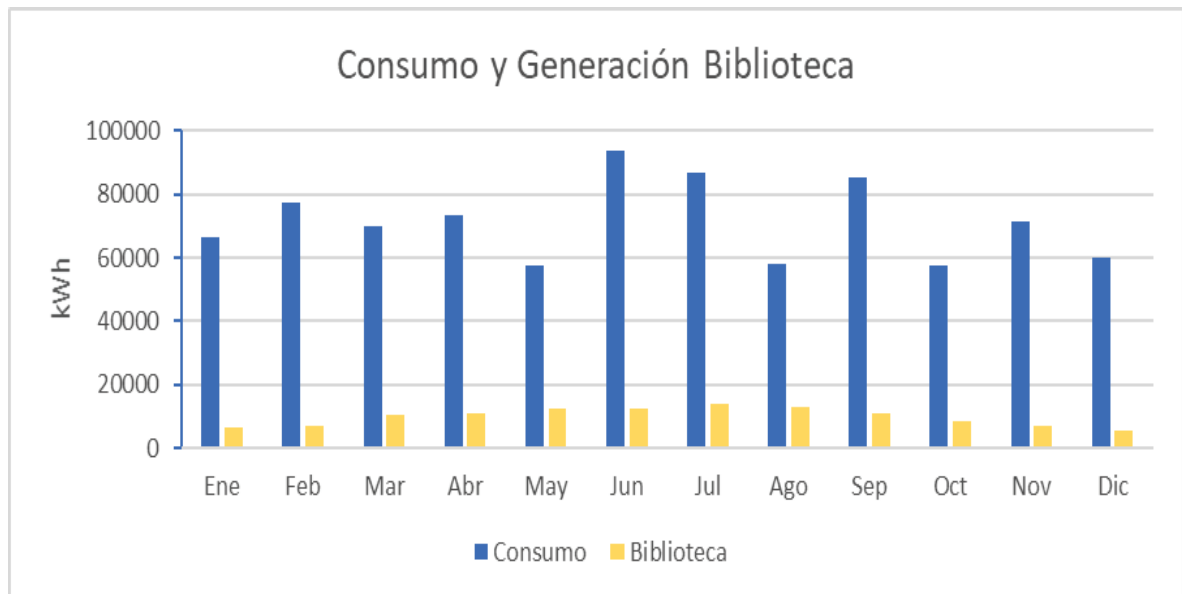
Los resultados de las simulaciones realizadas con PVSyst para todos los casos propuestos se exponen en la tabla siguiente.

Inclinación (°)	30	30	30	20	20	20	30	30	30	30	30
Distancia (m)	1,7	2	2,4	1	1,7	2	1	1,7	2	2,4	3
azimut (°)	0	0	0	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
<i>Potencia instalada</i>	63,1 kWp	52,1 kWp	44,5 kWp	122 kWp	98 kWp	82,1 kWp	122 kWp	98 kWp	82,1 kWp	74,2 kW	61,4 kWp
<i>Energía Generada (kWh/año)</i>	90.757	80.806	70.769	96.165	152.083	131.231	101.100	144.489	123.761	118.440	98.862
<i>PR</i>	70,95%	76,56%	78,48%	36,53%	79,26%	81,68%	39,78%	73,08%	78,47%	80,93%	80,63%

**Tabla 6 – Comparativa de los resultados de las simulaciones en el Edificio Biblioteca**

Según los datos, como cabe de esperar la potencia pico de la instalación puede ser más grande en los casos en los que los módulos se sitúan con un ángulo de 20°, siguiendo las líneas de construcción, además el factor de rendimiento es también mayor en estos casos. Por otro lado, se observa como este factor de rendimiento cae mucho en los casos en los que se colocan los módulos con poca separación entre estos, a causa de las pérdidas por sombreado por string.

En la *ilustración 44* se muestran la energía producida mensualmente, según las simulaciones, frente al consumo del campus para una de las situaciones propuestas representativa.

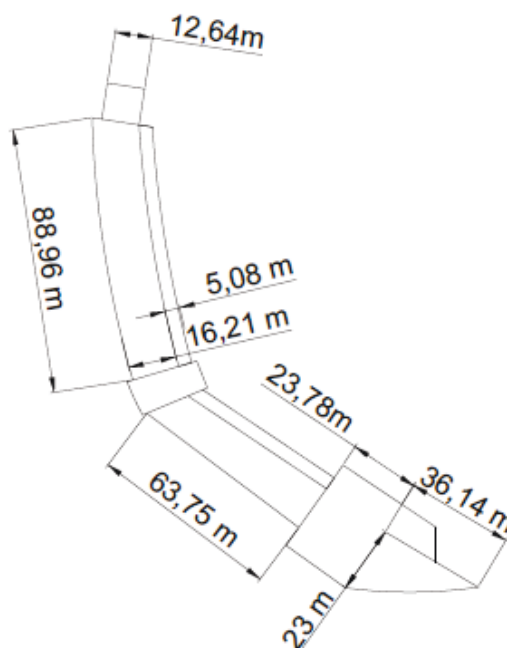


**Ilustración 44 - Energía generada mensualmente en Biblioteca**

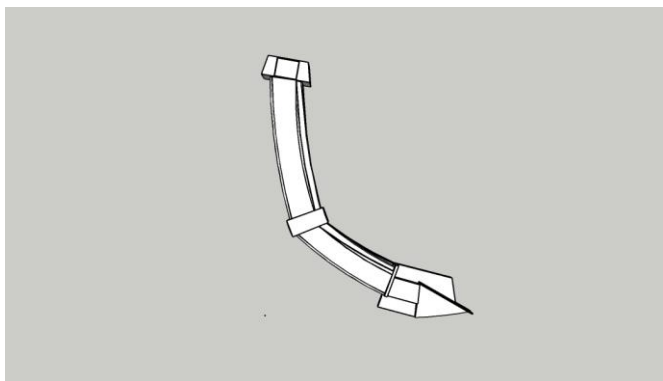
Como punto adicional, basándose en motivos arquitectónicos, cabe destacar que muchas de las zonas designadas para la colocación de los módulos tienen mucha exposición a las corrientes de viento, por lo que sería necesario un anclaje más robusto.

## Edificio Miguel de Unamuno

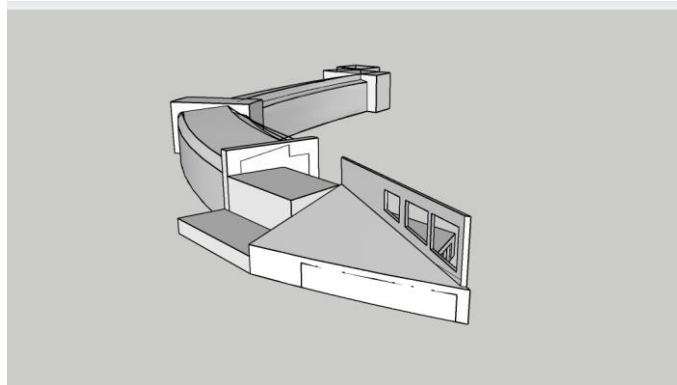
El Edificio principal del campus cuenta con bastantes cubiertas con mayores dimensiones y espacio libre. En la *ilustración 45* se muestran las medidas del edificio extraídas de Google Earth.



**Ilustración 45 - Medidas del Miguel de Unamuno (Realizadas con AutoCAD)**



**Ilustración 46 - Vista de planta del diseño del Edificio Miguel de Unamuno**

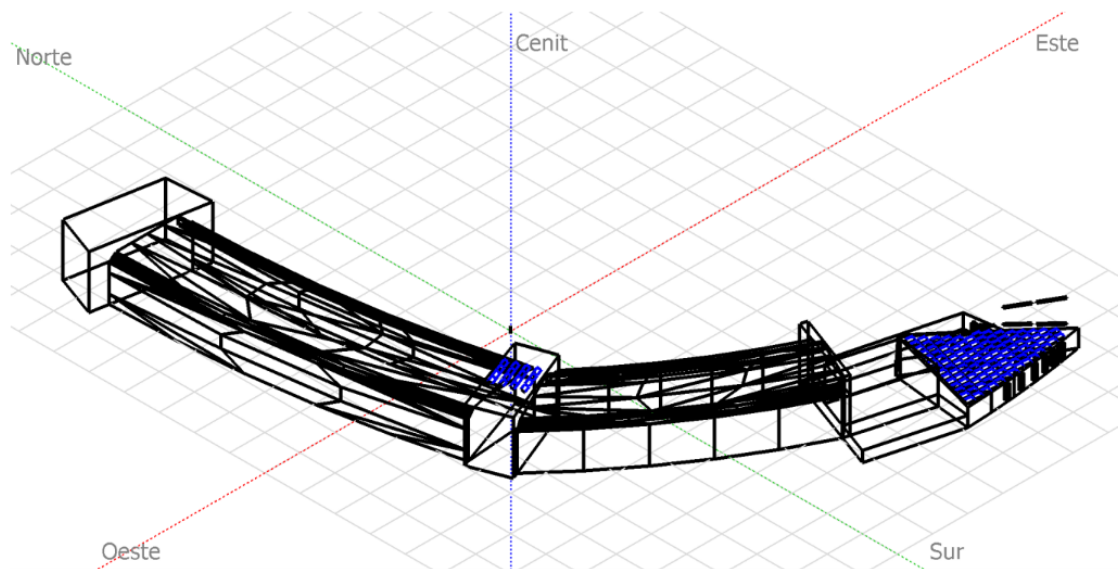


**Ilustración 47 - Vista sureste del diseño del Edificio Miguel de Unamuno**

Sin embargo, ya se descartaron las 2 zonas más amplias que corresponden a las cubiertas del módulo 1 y el módulo 2, a causa de la pendiente variable y las dificultades de instalación en el material.

A pesar de ello, se cuenta con una cubierta muy amplia que corresponde a la cafetería del edificio, la cual tiene una orientación excelente y muy pocas interferencias por sombras generadas por edificios. Esta cubierta tiene una inclinación de alrededor de 12 grados, lo cual dista bastante de la inclinación óptima que podrían adoptar los módulos.

Además, la zona situada entre medias de los módulos 1 y 2, lo que se nombra como nexo de unión; es una zona liberada sin obstáculos que permite la instalación sencilla de algunos módulos. En la *ilustración 48* se muestra las propuestas de ambas zonas.



**Ilustración 48 - Perspectiva de campo fotovoltaico en Miguel de Unamuno**

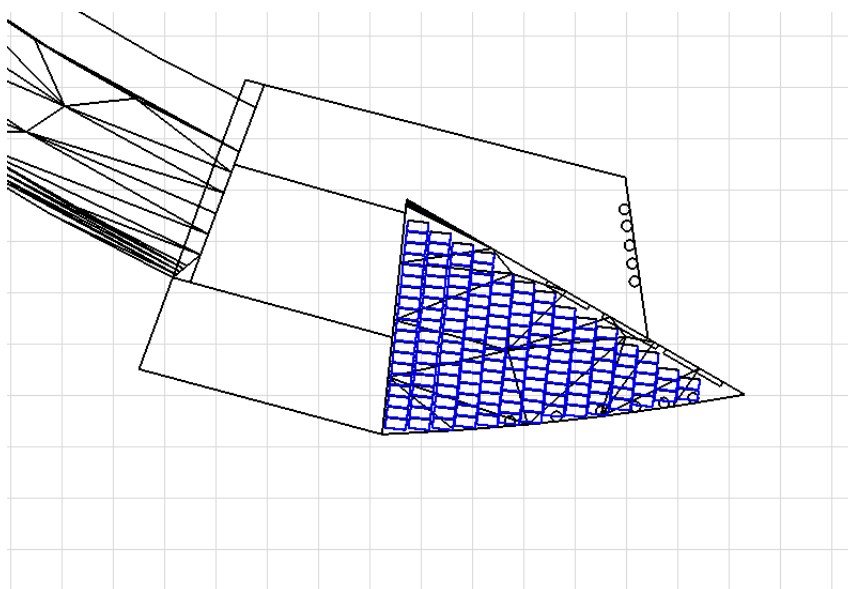
Se realizará un estudio por separado de las 2 zonas y en ambas se plantearán 2 situaciones principales: Módulos coplanarios, módulos buscando la inclinación óptima.



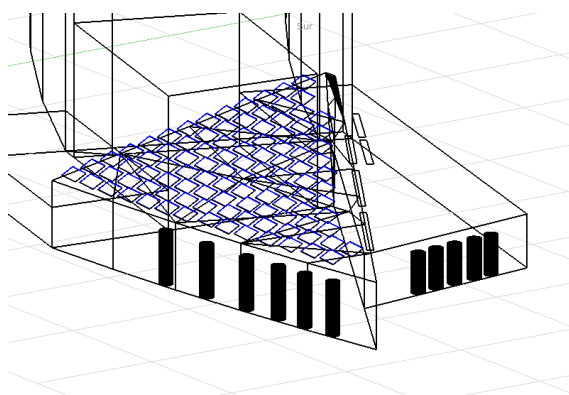
El planteamiento de instalación ajustando la inclinación de los módulos a la inclinación de las cubiertas, es decir con módulos coplanarios a la cubierta, es la más aplicada en zonas residenciales, y resulta la más viable por temas estéticos y por menor influencia de rachas de viento. Además, Pese a que la inclinación no sea la óptima para la latitud del emplazamiento, se integrarán más módulos por la posibilidad de colocarlos sin separación entre ellos, aprovechando la inclinación de la cubierta para evitar las sombras.

Por otro lado, se plantean opciones más optimistas en cuanto a las dificultades arquitectónicas, colocando los módulos en una inclinación óptima, buscando mejorar el performance ratio de la instalación completa.

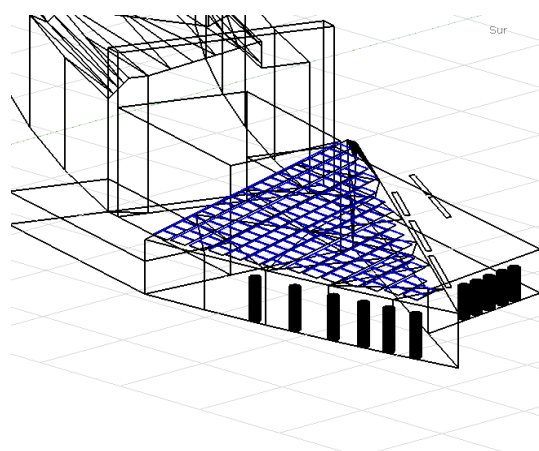
En el caso de la cubierta de la cafetería, la inclinación de los módulos será de  $12^\circ$  en el caso de coplanarios y de  $30^\circ$  en el otro supuesto. La distancia entre módulos propuesta para el primer caso será la mínima y 1,2 y 1,6 metros en el caso de los módulos con  $30^\circ$  de inclinación, siguiendo las propuestas de IDAE.



**Ilustración 49 - Disposición de los módulos en el Miguel de Unamuno**



**Ilustración 50 – Cubierta de la cafetería con módulos inclinados  $30^\circ$**



**Ilustración 51 - Cubierta de la cafetería con módulos coplanarios**

### Capítulo 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

En la *Ilustración 49* se da una idea de la colocación e instalación de los módulos en la cubierta de la cafetería vista desde planta y en las *ilustraciones 50 y 51* se muestran las diferencias entre la disposición con módulos inclinados y módulos coplanarios.

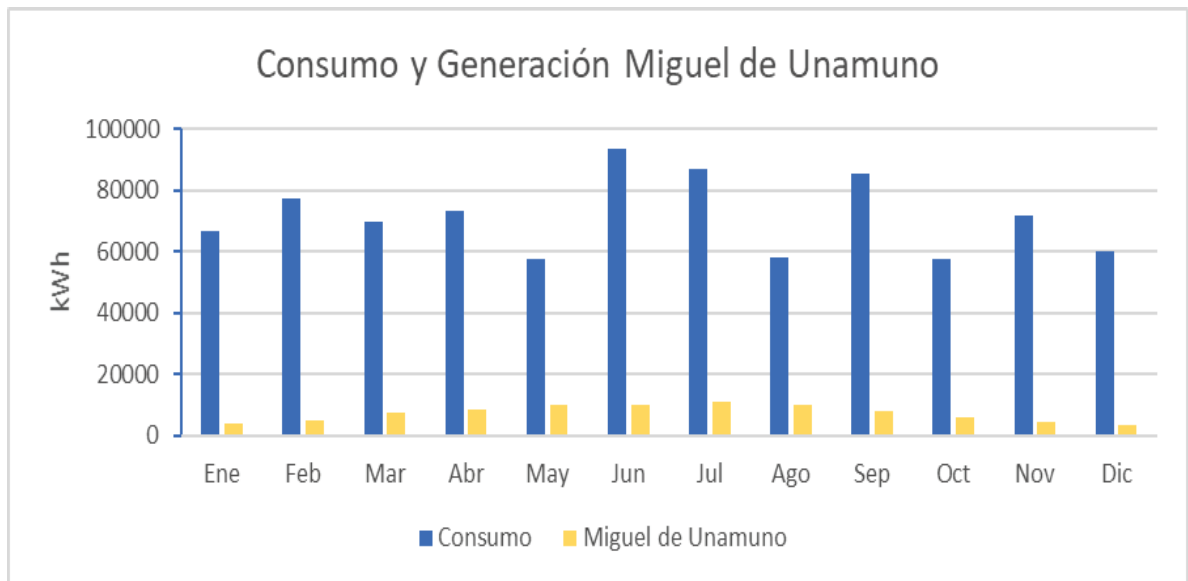
Para la otra zona disponible, el nexo de unión, se plantearán 4 casos: coplanarios y con 30° de inclinación, para 2 azimuts distintos, orientado al sur y siguiendo la línea de construcción del edificio (unos 42,5°). Cabe mencionar que esta cubierta no tiene inclinación ninguna, por lo tanto, teniendo en cuenta la imposibilidad de colocar los módulos a 0° de inclinación para que no se acumule la suciedad o la lluvia, se optará por una inclinación mínima de 10°.

Casos	Cafetería	Cafetería	Cafetería	Nexo	Nexo	Nexo	Nexo
<i>Inclinación (°)</i>	Coplanario	óptimo	óptimo	Coplanario	Coplanario	óptimo	óptimo
<i>Azimut (°)</i>				-21	0	-21	0
<i>distancia (m)</i>	0,1	1,2	1,6				
<i>Potencia instalada</i>	53,1 kWp	48,3 kWp	35,9 kWp	6,9 kWp	5,52 kWp	5,52 kWp	4,41 kWp
<i>Energía Generada (año)</i>	85.980 kWh	68.143 kWh	66.069 kWh	85.980 kWh	68.143 kWh	66.069 kWh	66.069 kWh
<i>PR</i>	76,81%	60,31%	72,73%	74,23%	35,79%	83,07%	73,65%

**Tabla 7 - Comparativa de los resultados de las simulaciones en el Miguel de Unamuno**

En el caso de la cubierta de la cafetería se observa, que los resultados son más óptimos y mejores en el caso de colocar los módulos coplanarios, porque el sombreado que se produce en las filas de strings es mínimo y te permite además instalar más módulos. En el caso del nexo de unión, al igual que ocurría en el edificio de la biblioteca, los resultados son mejores en las situaciones en las que se toman las líneas del edificio como referencia paralela para la instalación, permitiendo así colocar más módulos; por otro lado, como parecía obvio, los rendimientos son mejores con inclinaciones óptimas sobre inclinaciones cercanas a 10° (mínimo posible) porque la inclinación del nexo es prácticamente nula.

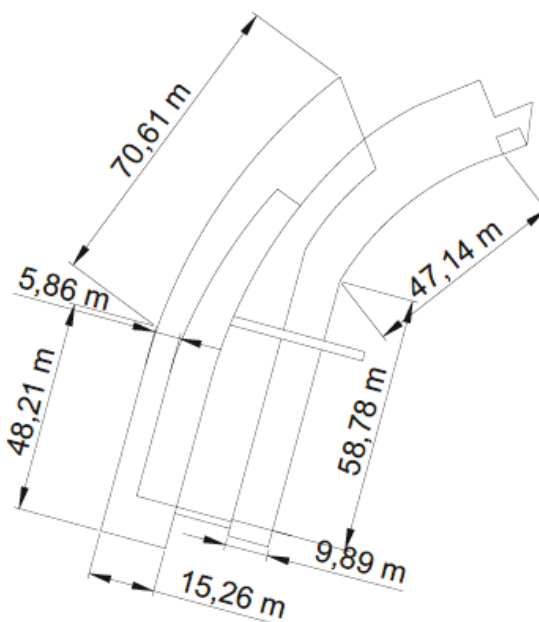
En siguiente ilustración se muestran los resultados energéticos mensuales que se obtienen de las simulaciones. Observando la *tabla 7* y la *ilustración 52* se puede concluir que la potencia y energía que se podría generar en este edificio es menor respecto a la Biblioteca a pesar de ser un edificio mayor, a consecuencia de la imposibilidad de acceder a muchas zonas de la cubierta para la instalación.



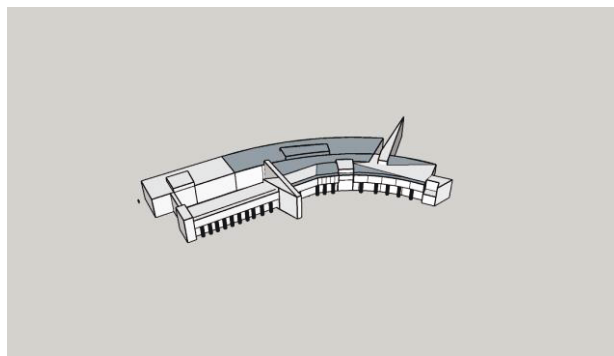
**Ilustración 52 - Energía generada mensualmente en el Miguel de Unamuno**

## Edificio Residencia

El edificio de la Residencia cuenta con una cubierta mucho más plana, aunque con una geometría peculiar y una alta ocupación de elementos auxiliares que dificultan la instalación en ciertos puntos. En la *ilustración 53* se aportan las medidas del edificio.



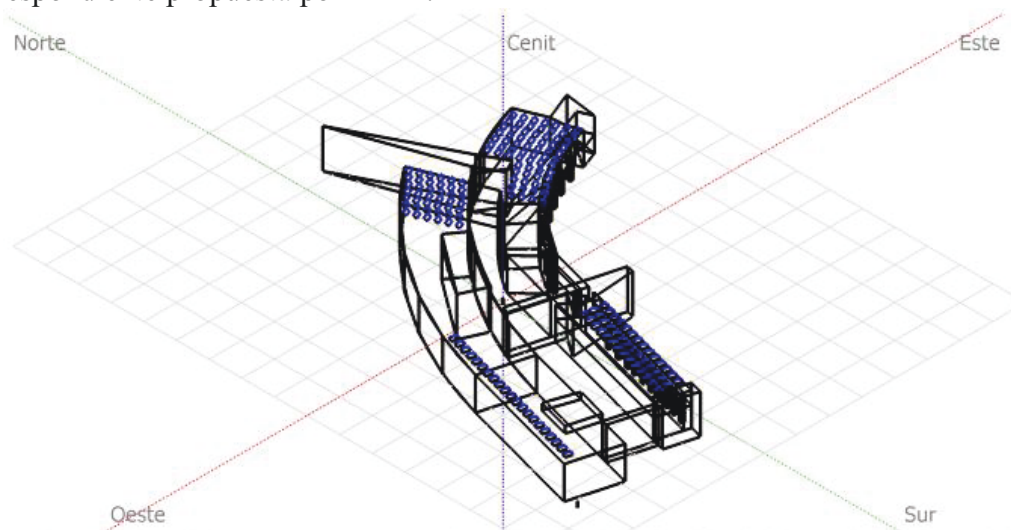
**Ilustración 53 - Medidas del edificio de la Residencia (realizadas con AutoCAD)**



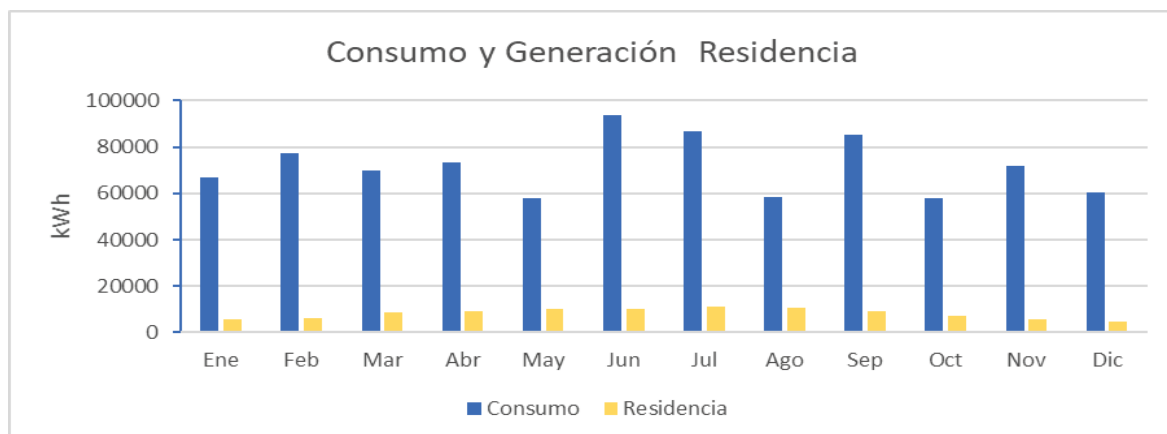
**Ilustración 54 – Diseño del edificio Residencia (Vista isométrica)**

Teniendo en cuenta que el edificio no pertenece a la Universidad, sino a la Fundación; se estudia la instalación de módulos en el edificio con aporte al autoconsumo de la universidad como una propuesta más remota y es por ello que no se realiza un estudio con tanta profundidad como en el resto de las cubiertas de la Biblioteca y el Miguel de Unamuno.

Se plantea, por lo tanto, una única situación colocando los módulos con la separación correspondiente propuesta por IDAE.



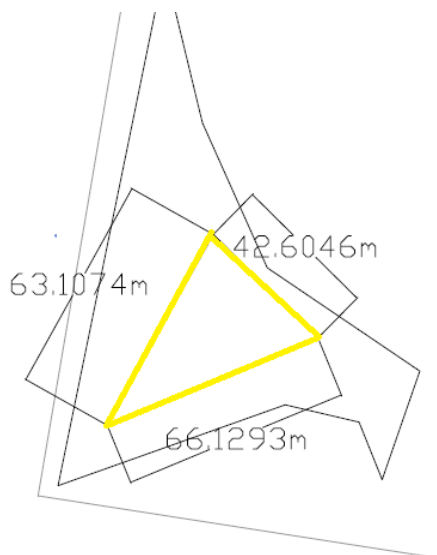
**Ilustración 55 - Disposición de módulos en la cubierta del edificio de la Residencia**



**Ilustración 56 - Energía generada mensualmente en la Residencia**

## Zona interior

La zona de suelo interior a los límites del campus destinada al estudio de la instalación de módulos fotovoltaicos es más reducida de como se estimaba inicialmente, teniendo una superficie hábil de 1296,29 m<sup>2</sup>. Las medidas de esta zona se exponen en la ilustración siguiente.

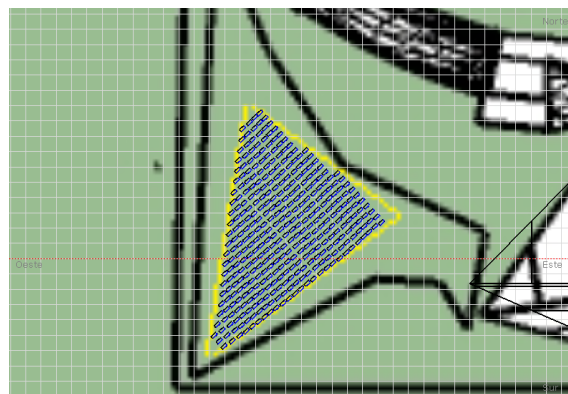


**Ilustración 57 - Medidas de la zona de suelo interior (realizadas con AutoCAD)**

La estrategia a llevar a cabo para el estudio en esta superficie según se geometría se dividen principalmente en 2, situaciones variando el ángulo de orientación (azimut) y situaciones modificando la distancia entre módulos. Siguiendo estas 2 premisas de partida, se propondrán casos con los módulos orientados al sur (azimut 0<sup>a</sup>) y siguiendo la línea que limita la zona de instalación (azimut 42,5°).



**Ilustración 58 - Zona interior con módulos orientados al sur (Vista de planta)**



**Ilustración 59 - Zona interior con módulos con azimut de 42,5° (Vista de planta)**

Las distancias entre módulos propuestas en ambos casos son 1.7, 2 y 2.4 metros; siendo esta última la distancia recomendada por IDAE.

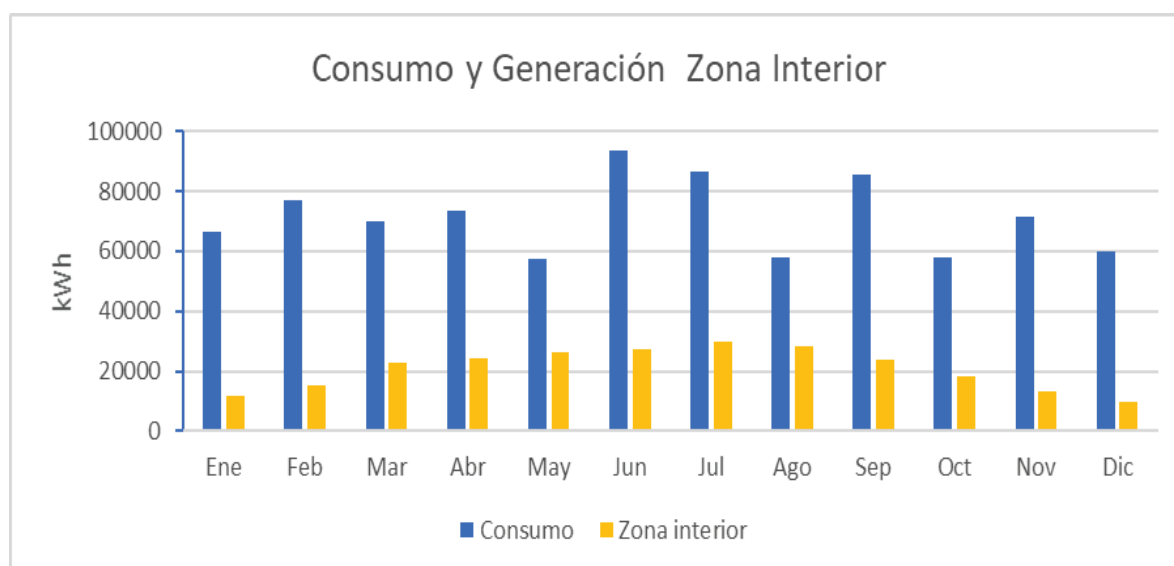
Los resultados iniciales que se obtienen en las simulaciones son los expuestos en la *Tabla 8*.

Inclinación (°)	30	30	30	30	30	30
Distancia (m)	1,7	2	2,4	1,7	2	2,4
Azimut (°)	42,5	42,5	42,5	0	0	0
<i>Potencia Instalada</i>	170 kWp	152 kWp	126 kWp	186 kWp	158 kWp	135 kWp
<i>Energía Generada (año)</i>	243.642 kWh	230.578 kWh	197.693 kWh	275.167 kWh	250.876 kWh	210.819 kWh
<i>PR</i>	74,35%	78,48%	81,71%	72,90%	78,19%	77,33%

**Tabla 8 - Comparativa de los resultados de las simulaciones en la Zona Interior**

Como se puede apreciar, en este caso la potencia pico instalada, los factores de rendimiento y por lo tanto la energía que se genera, son mayores en las situaciones con los módulos orientados al sur (áзимut 0°), al contrario de como ocurría en las cubiertas de los edificios. Este fenómeno se explica debido a que la zona de suelo es mucho más amplia, con prácticamente ningún elemento del entorno que le genere sombras.

Estas características permiten encuadrar mejor los módulos, siendo el número de éstos instalados muy similar en ambas orientaciones y minimizar las pérdidas por sombreado cercano de filas de strings; siendo por lo tanto la mejor opción la que orienta los módulos en un estado óptimo al recorrido del sol.



**Ilustración 60- Energía generada mensualmente en la zona de suelo interior**

En la *ilustración 60* se muestran los datos de generación en esta zona de suelo con respecto a los datos de consumo mensuales.

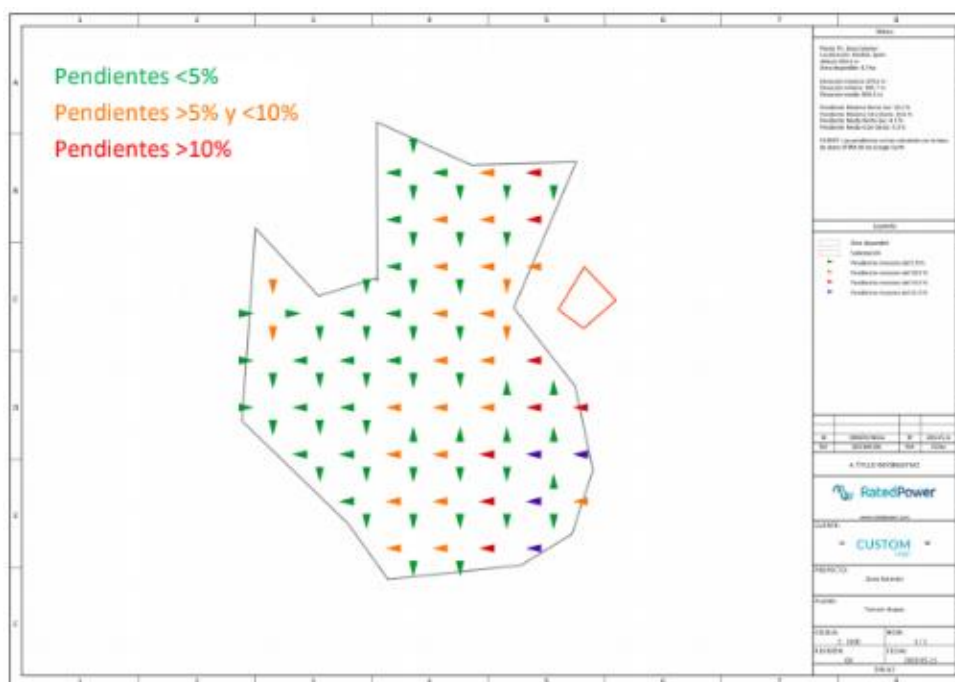
## Zona exterior

La parcela exterior a los límites del campus que pertenece a la Universidad Carlos III es mucho más amplia que el resto de superficies estudiadas, abarcando un área de casi 4 ha.



**Ilustración 61 - Vista de planta de la zona de suelo exterior (Google Earth)**

Como se observa en la *Ilustración 61* existe cierta vegetación que debería ser tratada previamente a la instalación de la planta. Además, la superficie de suelo de esta zona tiene ciertas inclinaciones en distintos puntos que tienen que ser resueltas y aplanadas para colocar los módulos en posición horizontal.



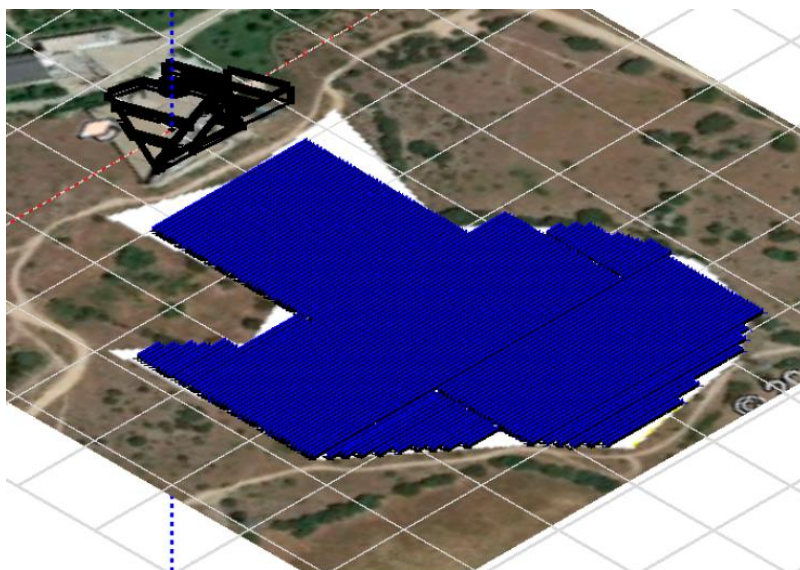
**Ilustración 62 - Pendientes en la zona de suelo exterior**



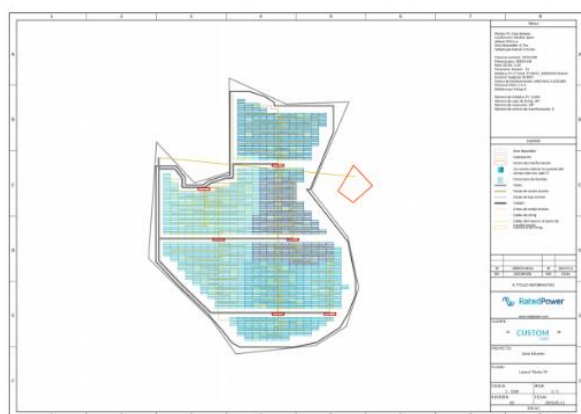
### Capítulo 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Para el estudio de instalación en esta zona se propone una única distribución de los módulos en cuanto a orientación y separación entre ellos, basándose en los resultados obtenidos en la zona de suelo interior. Según este razonamiento se proponen 3 situaciones: Con una inclinación de  $30^\circ$  y  $20^\circ$  ocupando todo el espacio disponible y con una inclinación de  $30^\circ$  disminuyendo el espacio ocupado siguiendo una distribución más jerárquica.

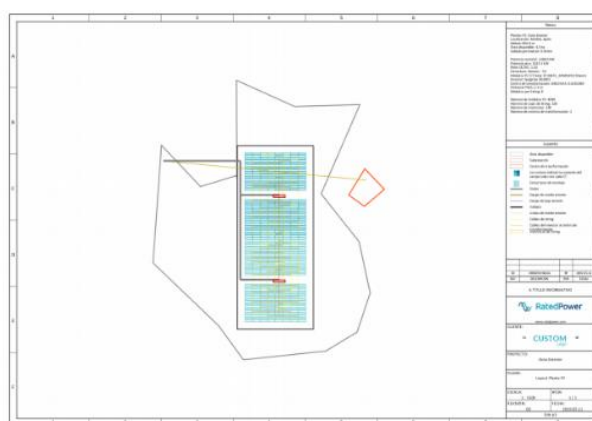
En este caso estas simulaciones se llevan a cabo con el software PVSyst y el PVDesign, puesto que en este caso el segundo si permite su utilización por ser las dimensiones suficientemente amplias.



**Ilustración 63 - Situación de los módulos en la Zona Exterior (PVSyst)**



**Ilustración 64 - Situación de los módulos aprovechando todo el espacio en Zona Exterior (PVDesign)**



**Ilustración 65 - Situación de módulos con distribución jerárquica en Zona Exterior (PVDesign)**

Los resultados de las simulaciones en PVSyst y en PVDesign son los mostrados en la *Tabla 9* y *Tabla 10*



Inclinación (°)	30	20	30
Distancia (m)	2,4	2,4	2,4
Azimut (°)	0	0	0
<i>Potencia Instalada</i>	3.115 kWp	3.115 kWp	2.526 kWp
<i>Energía Generada (año)</i>	5.339 MWh	5.288 MWh	4.324 MWh
<i>PR</i>	84,58%	83,77%	84,48%

**Tabla 9 - Comparativa de los resultados de las simulaciones con PVSyst en la Zona Exterior**

Inclinación (°)	30	20	30
Distancia (m)	2,4	2,4	2,4
Azimut (°)	0	0	0
<i>Potencia Instalada</i>	3.500 kWp	3.500 kWp	2.200 kWp
<i>Energía Generada (año)</i>	5.681 MWh	5.564 MWh	3.569 MWh
<i>PR</i>	79,54%	77,90%	79.5%

**Tabla 10 - Comparativa de los resultados de las simulaciones con PVDesign en la Zona Exterior**

Como se puede observar, la potencia instalada es más alta en el caso del PVDesign pues este programa importa el espacio a ocupar directamente de Google Earth y se adapta mucho mejor al área disponible del terreno que como se hace en PVSyst. Por otro lado, el factor de rendimiento que se extrae mediante PVSyst es un poco más alto porque este te permite localizar y diseñar mejor el sistema eléctrico para evitar las pérdidas por strings y porque PVDesign tiene en cuenta más factores constructivos como las vías de paso o el recorrido del cableado.

Los resultados energéticos mensuales se exponen en la *Ilustración 66*. Como se muestra, la energía generada por la instalación está muy por encima del consumo del campus, lo cual a priori resulte en un exceso de energía demasiado alto, como para adaptarse a la modalidad de autoconsumo.

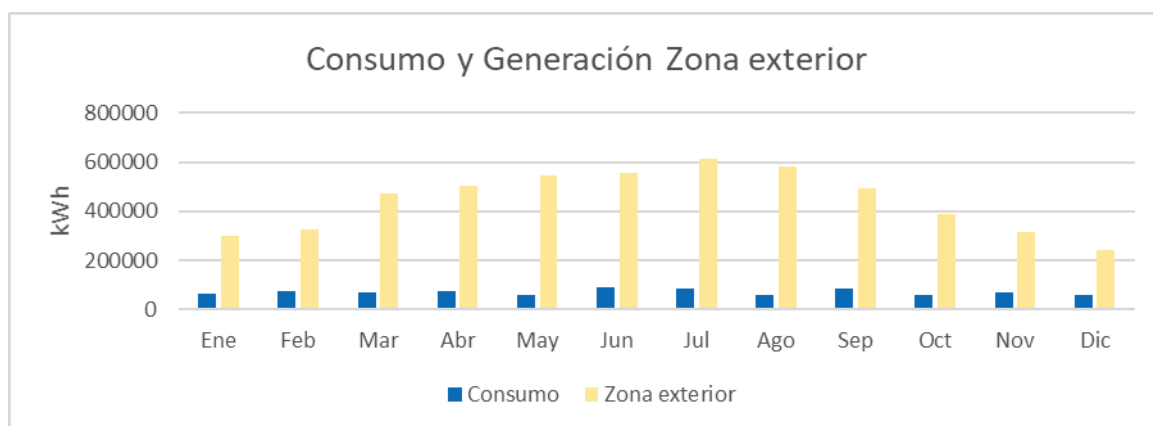


ilustración 66 - Energía generada mensualmente en la zona de suelo exterior

## 3.2 Resultados Energéticos y Económicos

Para llevar a cabo el estudio energético y económico de cada instalación propuesta y de los conjuntos de ellas, se tendrán en cuenta una serie de premisas.

- El estudio se realizará con vistas a un plazo de 20 años. Los años de vida habituales en las instalaciones de este tipo.
- La tasa de rentabilidad aplicada es del 6%, típica en esta clase de proyectos [16]
- Se tendrán en cuenta la regulación y normativa actual, proponiendo 3 casos de estudio para las instalaciones:
  - Generación basada en el sistema de autoconsumo sin excedentes.
  - Generación basada en el sistema de autoconsumo con excedentes acogido y no acogido a compensación (dependiendo de la potencia de la instalación)
  - Generación basada en un nuevo concepto llamado autoconsumo en la nube. Se trata de una nueva oferta que se pretende proponer al mercado próximamente; consiste en generar la energía en un hogar o edificio y ser consumida en otra residencia, siempre y cuando el contrato en ambos locales esté sujeto a la misma persona o entidad.
- La tarifa energética a aplicar sobre el consumo se basa en el contrato actual de la universidad, llevado a cabo por empresa ENERGYA VM GESTIÓN DE LA ENERGÍAS. LU. (*Anexo 2*). Se trata de una tarifa de 6 periodos horarios en función del mes, que guarda proporción directa con el precio del mercado.
- El precio recibido por los excedentes vertidos, de acuerdo con la normativa, se retribuye al precio de precio medio horario.
- El consumo de la universidad evolucionará anualmente, aumentando, por un lado, según el PIB nacional y reduciéndose por otro debido a las mejoras de eficiencia del edificio. Para estimar esta mejora en la eficiencia, se lleva a cabo una extrapolación lineal de los datos de los que se tiene constancia actualmente, las medidas de 2016, 2017 y 2018.
- Los distintos términos de peajes e impuestos se realizan de acuerdo con las facturas actuales de la Universidad:

- Término de potencia: 108,1419 €/kW año
- Peaje de acceso al vertido de energía a la red: 0.5 €/MWh
- Impuesto de electricidad: 7%
- Cuota de servicio de representación: 1 €/MWh
- Peaje a la energía consumida: 5,1%
- Alquiler de equipos de medida: 64 €/mes
- IVA normal: 21%

Las tablas realizadas para llevar a cabo los cálculos se presentan como ejemplo en la *Tabla 11*. Con los balances anuales se calculará los parámetros económicos que definen cada situación propuesta: VAN, TIR y el periodo de recuperación de la inversión.

	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Potencia contratada (€/kW año)	kW 108,1419					
Término de potencia		32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	
Consumo	kWh	858759	839007,543	819710,3695	800857,031	
Autoconsumo	kWh	4323954	4323954	4323954	4323954	
		20.526,38 €	20.016,90 €	19.519,96 €	19.035,11 €	
Término de energía		20.526,38 €	20.016,90 €	19.519,96 €	19.035,11 €	
Excedentes	kWh	3821451,901	3832419,42	3843147,879	3853638,941	
		151.923,22 €	152.383,48 €	152.833,75 €	153.274,12 €	
Peaje de acceso (€/MWh)	0,5	1.910,73 €	1.916,21 €	1.921,57 €	1.926,82 €	
Impuesto de electricidad (%)	7	10.634,63 €	10.666,84 €	10.698,36 €	10.729,19 €	
Cuota de servicio representación (€/MWh)	1	3.821,45 €	3.832,42 €	3.843,15 €	3.853,64 €	
Retribución		135.556,42 €	135.968,00 €	136.370,67 €	136.764,48 €	
Peaje (%)	5,1	2.701,42 €	2.675,43 €	2.650,09 €	2.625,36 €	
Alquiler equipos de medida (€/mes)	64	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	
IVA normal (%)	21	11.852,06 €	11.739,61 €	11.629,93 €	11.522,92 €	
FACTURA ANUAL		-67.266,00 €	-68.325,50 €	-69.360,12 €	-70.370,51 €	
AHORRO		177.661,95 €	177.152,73 €	176.654,72 €	176.167,72 €	

**Tabla 11 - Ejemplo de balances económicos anuales**

A continuación, se presentan los resultados para cada edificio y zona por separado y posteriormente en conjunto.

## Biblioteca

El edificio de la Biblioteca es sobre el que más situaciones se han planteado, por tener más zonas de su cubierta con posibilidades para la instalación y por lo tanto ser una de las opciones planteadas más viables.

Los resultados en términos energéticos, correspondientes al primer año son los siguientes.

## Capítulo 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Inclinación (°)	30	30	30	20	20	20	30	30	30	30	30
Distancia (m)	1,7	2	2,4	1	1,7	2	1	1,7	2	2,4	3
azimut (°)	0	0	0	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
<i>Potencia instalada</i>	63,1 kWp	52,1 kWp	44,5 kWp	122 kWp	98 kWp	82,1 kWp	122 kWp	98 kWp	82,1 kWp	74,2 kW	61,4 kWp
<i>Energía Generada (kWh/año)</i>	90.757	80.806	70.769	96.165	152.083	131.231	101.100	144.489	123.761	118.440	98.862
<i>PR</i>	70,95%	76,56%	78,48%	36,53%	79,26%	81,68%	39,78%	73,08%	78,47%	79,75%	80,39%
<i>Inversión</i>	73.418 €	54.959 €	45.900 €	125.585 €	107.622 €	90.061 €	125.585 €	107.622 €	88.129 €	76.194 €	67.237 €
<i>Ahorro en el consumo anual</i>	7.096,6 €	6.473,90 €	5.694,73 €	7.599,2 €	11.399,3 €	10.241,7 €	8.004,1 €	10.701,9 €	9.652,5 €	9.404,3 €	7.946,9 €
<i>Recuperación de la inversión</i>	17 años	13 años	12 años	69 años	14 años	13 años	52 años	15 años	15 años	13 años	12 años
<i>VAN</i>	6.485,3 €	18.934,4 €	19.369,5 €	-39.296,8 €	18.705,4 €	23.965,0 €	-35.157,6 €	11.154,0 €	19.463,2 €	28.951,3 €	22.588,69 €
<i>TIR</i>	7,08%	9,99%	10,81%	1,76%	8,10%	9,16%	2,24%	7,27%	8,64%	10,42%	9,92%

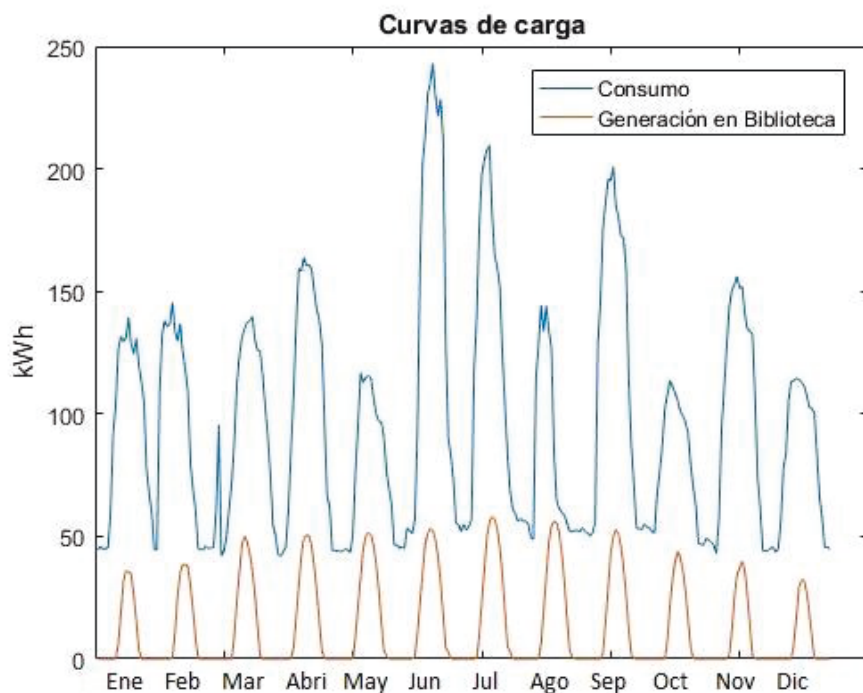
**Tabla 12 - Comparativa de los resultados económicos para cada situación del Edificio Biblioteca**

Según los datos expuestos, el ángulo de inclinación que mejor coeficiente de rendimiento y mayores índices económicos obtiene es 30 grados. Por otro lado, sin bien es cierto que la energía generada aumenta cuanto menor sea la distancia entre módulos, porque se pueden introducir más unidades, el coeficiente de rendimiento se reduce considerablemente. Por lo tanto, atendiendo a los resultados económicos que tienen en cuenta la inversión inicial y el ahorro en la factura anual, la distancia óptima se encuentra en torno a los 2,4 metros de distancia, coincidiendo con el resultado de la fórmula recomendada por IDAE. Los resultados detallados de los balances económicos anuales de la situación con mejores resultados se recogen en el *Anexo 3*.

En perspectiva final, la situación que mayor índice de rendimiento obtiene en las simulaciones, resulta en la mejor opción en términos económicos.

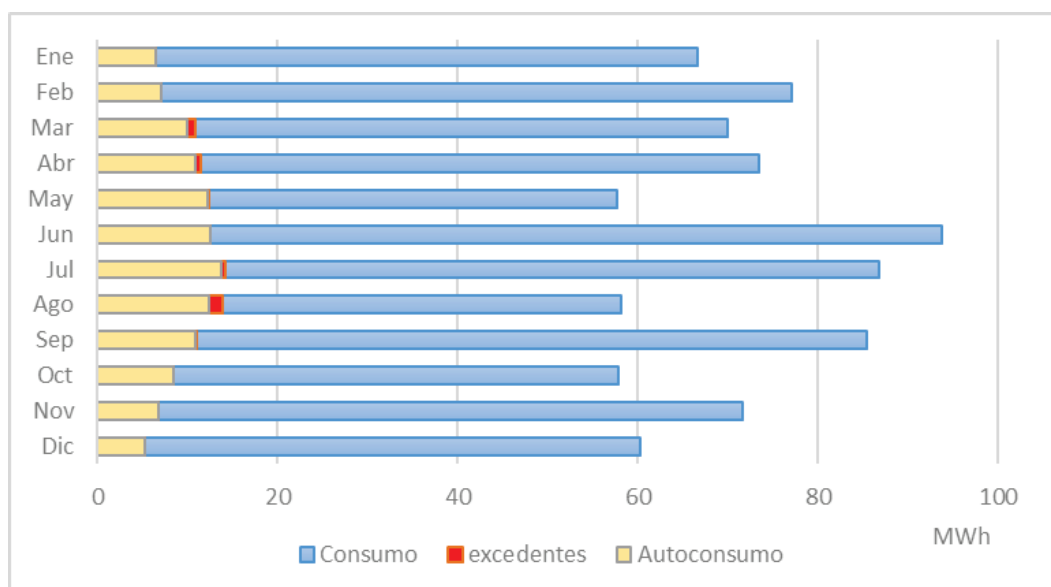
Los resultados de los balances energéticos referidos al primer año, con la instalación que mejores resultados obtiene, se muestran en las ilustraciones siguientes.

En la *ilustración 67*, se muestra la curva de carga media de cada mes referida al consumo del Campus de Colmenarejo y a la generación en la instalación de la Biblioteca. Como se puede observar, la generación de esta instalación no supera, en valores medios mensuales, el consumo del campus en ninguno de los meses, es decir, no se producen vertidos de energía a la red. Por lo tanto, la metodología de autoconsumo sin excedentes es la estrategia que mejor encaja en esta situación.



**ilustración 67 - Curva de carga del consumo frente a la generación. Edificio Biblioteca**

En esta segunda imagen (*ilustración 68*), se presentan los balances energéticos mensuales evaluados día a día. Como se observa en este caso sí que se producen ciertos excedentes en varios meses, debidos a días de fin de semanas y festivos como la semana santa. De todas formas, estos excedentes siguen siendo muy insignificantes y por lo tanto se corrobora la estrategia a seguir mediante autoconsumo sin excedentes si solo se realizase esta instalación.



**ilustración 68 - Balances energéticos mensuales para el edificio de la Biblioteca<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> En esta gráfica, al igual que ocurre en gráficas siguientes, los valores de la energía autoconsumida, los excedentes y el consumo se muestran superpuestos en la misma fila. Los valores de autoconsumo y excedentes suman la energía generada y el valor del consumo es el comprendido desde el 0 hasta el final.

## Edificio Miguel de Unamuno

En el edificio principal de la universidad las situaciones planteadas son 7, 3 dedicadas a la cubierta de la cafetería y 4 referidas al nexo de unión entre el módulo 1 y el módulo 2. Los resultados energéticos y económicos para estas situaciones se exponen en la *tabla 13*.

<b>Casos</b>	<b>Cafetería</b>	<b>Cafetería</b>	<b>Cafetería</b>	<b>Nexo</b>	<b>Nexo</b>	<b>Nexo</b>	<b>Nexo</b>
<i>Inclinación (°)</i>	Coplanario	óptimo	óptimo	Coplanario	Coplanario	óptimo	óptimo
<i>Azimut (°)</i>	0	0	0	-21	0	-21	0
<i>distancia (m)</i>	0,1	1,2	1,6	IDAE	IDAE	IDAE	IDAE
<i>Energía Generada (año)</i>	85.980 kWh	68.143 kWh	66.069 kWh	85.980 kWh	68.143 kWh	66.069 kWh	66.069 kWh
<i>Inversión</i>	50.274 €	47.390 €	38.649 €	6.218 €	5.394 €	5.394 €	4.570 €
<i>PR</i>	76,81%	60,31%	72,73%	74,23%	35,79%	83,07%	73,65%
<i>Ahorro en el consumo anual</i>	6.249,52 €	4.614,99 €	4.293,47 €	739,60 €	290,52 €	737,51 €	499,15 €
<i>Recuperación de la inversión</i>	12 años	17 años	14 años	13 años	19 años	10 años	14 años
<i>VAN</i>	21.407,50 €	5.543,54 €	10.596,76 €	2.265,19 €	-2.061,71 €	3.065,18 €	1.155,21 €
<i>TIR</i>	10,85%	7,40%	9,20%	10,18%	0,72%	12,34%	8,96%

**Tabla 13 - Comparativa de los resultados económicos de cada situación para el Edificio Miguel de Unamuno**

Como se mencionó en los apartados anterior, pese a ser el edificio más grande del campus, las 2 cubiertas con más superficie no están disponibles para la instalación de módulos y por lo tanto el espacio queda reducido a la cubierta de la cafetería y el nexo de unión.

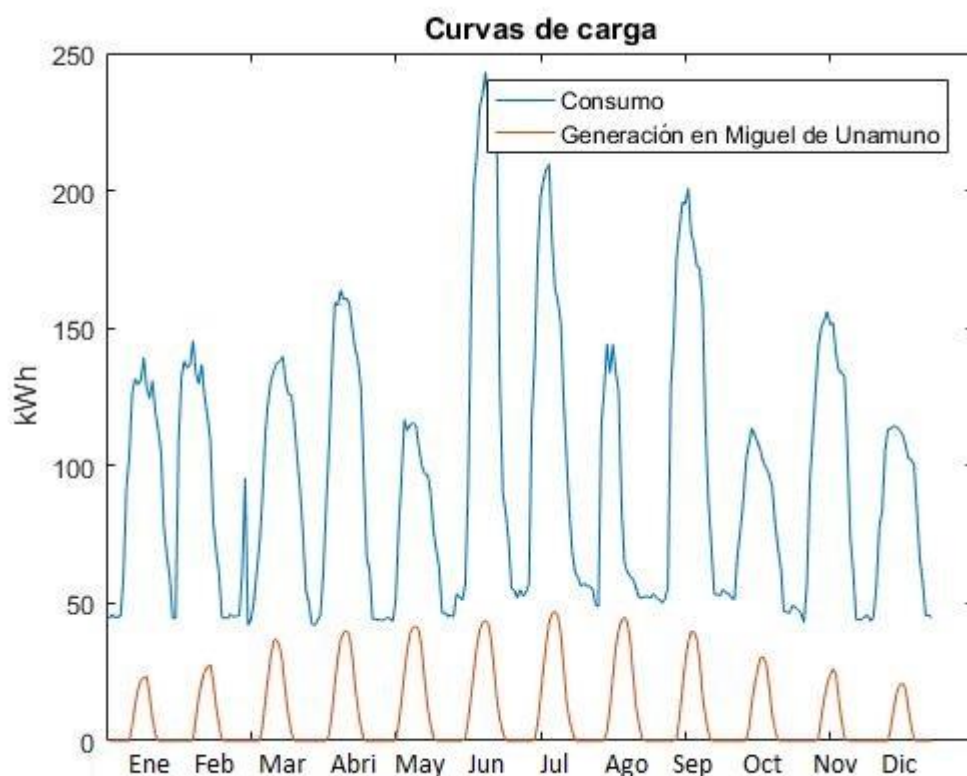
Como se observa en la tabla, para la cubierta de la cafetería los resultados económicos son mejores en el caso de módulos coplanarios que en los casos de inclinación óptima. Esto es debido a que, a pesar de que la inclinación no es la más apropiada, las pérdidas por sombreado entre módulos son inexistentes, lo cual no ocurre en el caso de módulos inclinados. En este caso, de nuevo la mejor opción en los aspectos económicos es la que mejor factor de rendimiento obtiene en las simulaciones.

En el caso del nexo de unión, como cabía de esperar, los resultados son mejores cuando los módulos tienen una inclinación más apropiada. Sin embargo, la orientación completa al sur sigue siendo peor que la orientación siguiendo las líneas de construcción del edificio, a causa de las sombras entre filas y la imposibilidad de colocar tantos módulos

como en las situaciones más estéticas. Los resultados detallados de los balances económicos anuales de la situación con mejores resultados se recogen en el *Anexo 4*.

Las curvas de carga y los balances energéticos de la suma de ambas cubiertas, se muestran detallados a continuación.

En la *ilustración 69*, se presenta la curva de carga media de cada mes de la generación energética de la instalación frente al consumo del campus. En esta ocasión, de nuevo, la generación media no supera los valores del consumo en ningún momento y por lo tanto no se producen vertidos. Consecuentemente, al igual que en la instalación de la Biblioteca, la estrategia más adecuada a seguir es acogerse al régimen de autoconsumo sin excedentes.



**ilustración 69 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Edificio Miguel de Unamuno**

En la *ilustración 70* se ilustran los balances energéticos de cada mes evaluados de forma diaria. En este caso se observa que la generación es de nuevo más alta en los meses de verano de la zona cuando los niveles de radiación son más altos, como es coherente y como los kW de energía en excedentes son ínfimos o nulos en todos los meses.

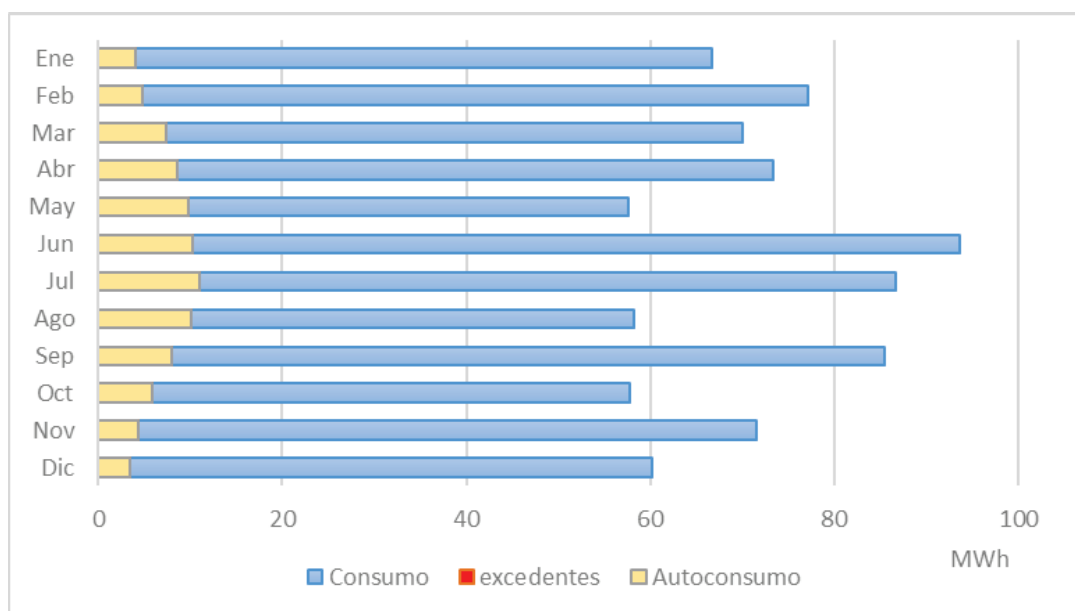


ilustración 70 - Balances energéticos mensuales para el Edificio Miguel de Unamuno

## Edificio Residencia

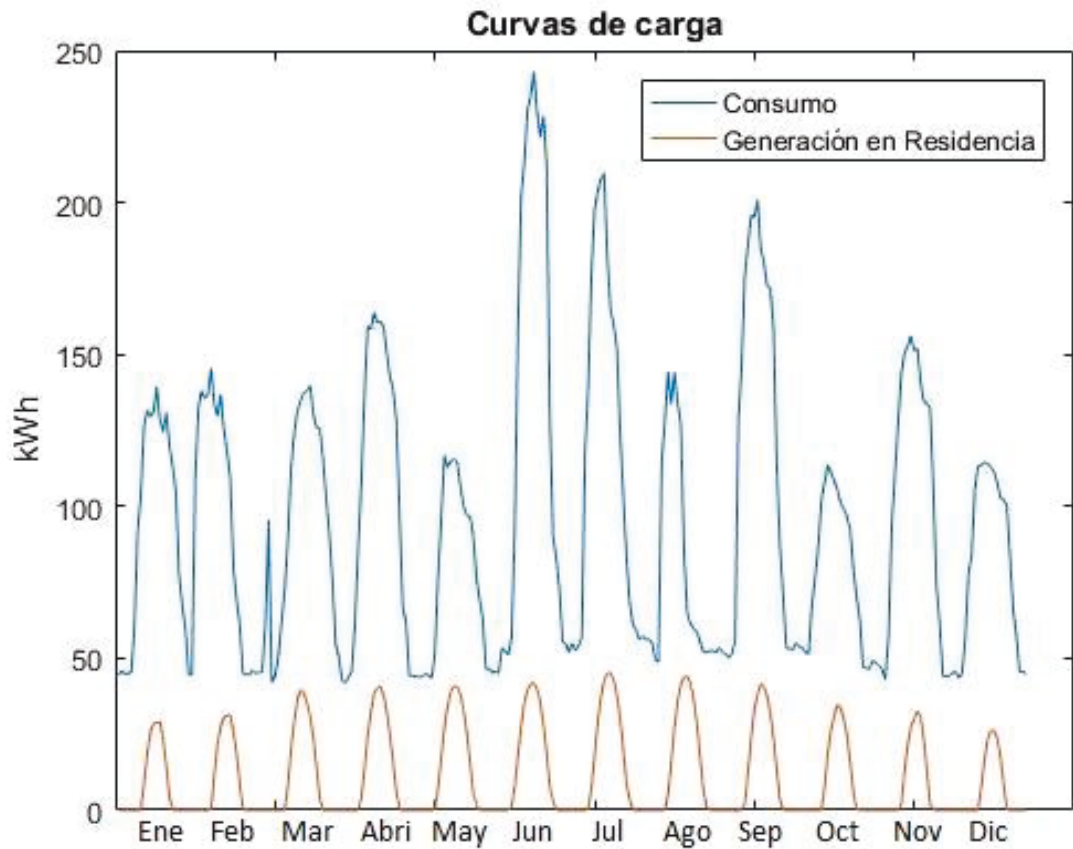
Como se mencionó en los anteriores apartados el edificio de la Residencia no forma parte de la propiedad de la Universidad, sino que pertenece a la Fundación Carlos III, por lo que la instalación en su cubierta es una posibilidad más remota y en función de ello no se realiza un estudio tan amplio como en el resto de cubiertas.

<b>Potencia instalada</b>	<b>60 kWp</b>
<b>Energía generada (año)</b>	<b>99.80 kWh</b>
<b>PR</b>	<b>82,14 %</b>
<b>inversión (€)</b>	<b>65.216 €</b>
<b>Ahorro en el consumo anual (€)</b>	<b>7.959,58 €</b>
<b>Recuperación de la inversión</b>	<b>10,00 años</b>
<b>VAN</b>	<b>39.580,77 €</b>
<b>TIR</b>	<b>11%</b>

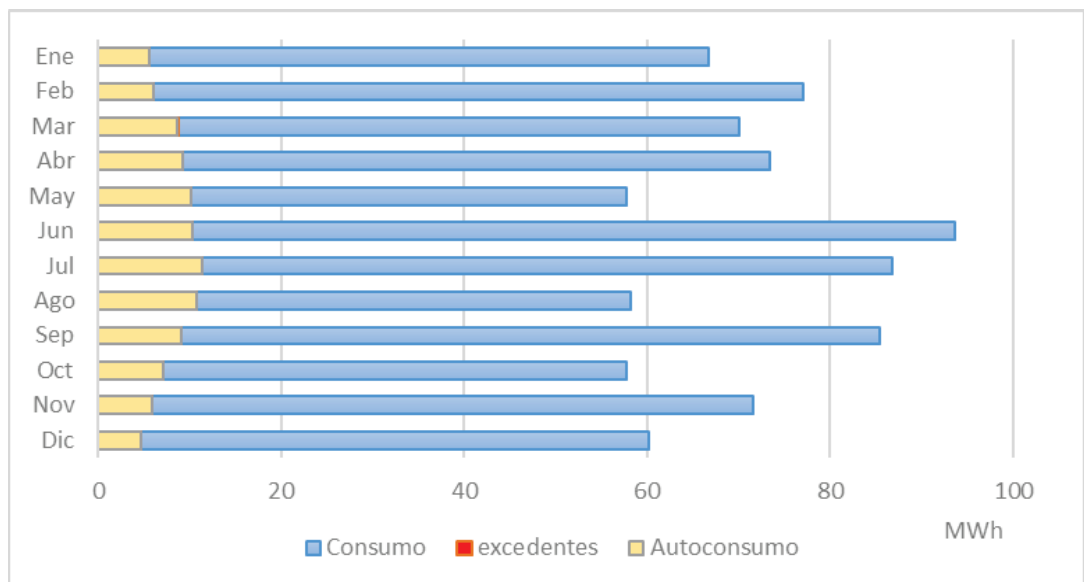
Tabla 14 - Resultados económicos Edificio Residencia

En la curva de carga mensual media de la Residencia (*ilustración 71*), se evidencia como no se producen excedentes en ningún mes de forma genérica, como se corrobora en los balances energéticos evaluados de forma diaria (*ilustración 72*).





**ilustración 71 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Edificio Residencia**



**ilustración 72 - Balances energéticos mensuales en el Edificio Residencia**

## Zona interior

La instalación propuesta para la zona de suelo interior al Campus de Colmenarejo, es muy amplia y genera mucha más energía que las instalaciones precedentes.

Casos	Inclinación (º)	30	30	30	20	20	20
	Distancia (m)	1,7	2	2,4	1,7	2	2,4
	Azimut (º)	42,5	42,5	42,5	0	0	0
<i>Energía Generada (año)</i>		243.642 kWh	230.578 kWh	197.693 kWh	275.167 kWh	250.876 kWh	210.819 kWh
<i>Inversión</i>		118.823 €	108.317 €	92.249 €	128.505 €	111.819 €	97.605 €
<i>PR</i>		74,35%	78,48%	81,71%	72,90%	78,19%	77,33%
Autoconsumo sin excedentes	Ahorro en el consumo anual	16.336,11 €	15.863,60 €	14.250,82 €	17.562,56 €	17.005,20 €	14.911,26 €
	Recuperación de la inversión	10 años	9 años	9 años	10 años	9 años	9 años
	VAN	60.625,74 €	66.241,05 €	65.091,11 €	62.856,38 €	74.272,87 €	66.527,55 €
	TIR	11,88%	12,95%	13,92%	11,68%	13,53%	13,68%
Autoconsumo con excedentes	Ahorro en el consumo anual	17.627,07 €	16.958,25 €	14.949,73 €	19.251,78 €	18.351,13 €	15.818,06 €
	Recuperación de la inversión	9 años	9 años	8 años	9 años	8 años	8 años
	VAN	78.915,99 €	82.023,87 €	75.757,24 €	86.732,61 €	93.581,52 €	79.868,30 €
	TIR	13,42%	14,36%	15,00%	13,54%	15,18%	14,98%
Autoconsumo en la nube	Ahorro en el consumo anual	19.243,48 €	18.326,35 €	15.815,79 €	21.401,66 €	20.081,49 €	16.970,17 €
	Recuperación de la inversión	8 años	8 años	8 años	8 años	7 años	8 años
	VAN	101.898,19 €	101.884,77 €	89.156,87 €	116.970,36 €	118.514,14 €	97.041,56 €
	TIR	15,25%	16,06%	16,31%	15,76%	17,21%	16,58%

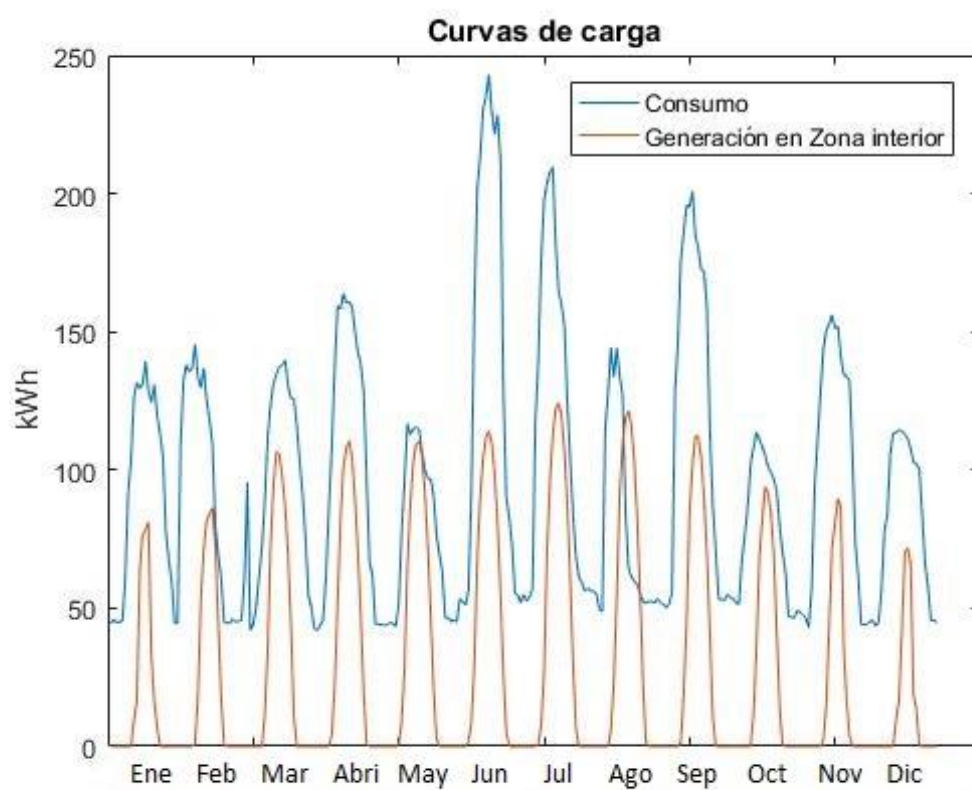
**Tabla 15 - Comparativa de resultados económicos para las distintas situaciones. Zona Interior**

Los resultados muestran altos valores de rentabilidad para cualquier situación frente a cualquier configuración, sin embargo, las tasas de rentabilidad son mayores en los casos de autoconsumo con excedentes y autoconsumo en la nube que demuestran la existencia de vertidos en todos los casos debido a un exceso de energía producida.

Centrándose en los distintos casos, los resultados son un tanto mejores en los casos en los que los módulos se encuentran directamente orientados al sur, puesto que la potencia que se puede instalar variando la orientación ajustándose a la dirección de los límites de terreno, es prácticamente la misma.

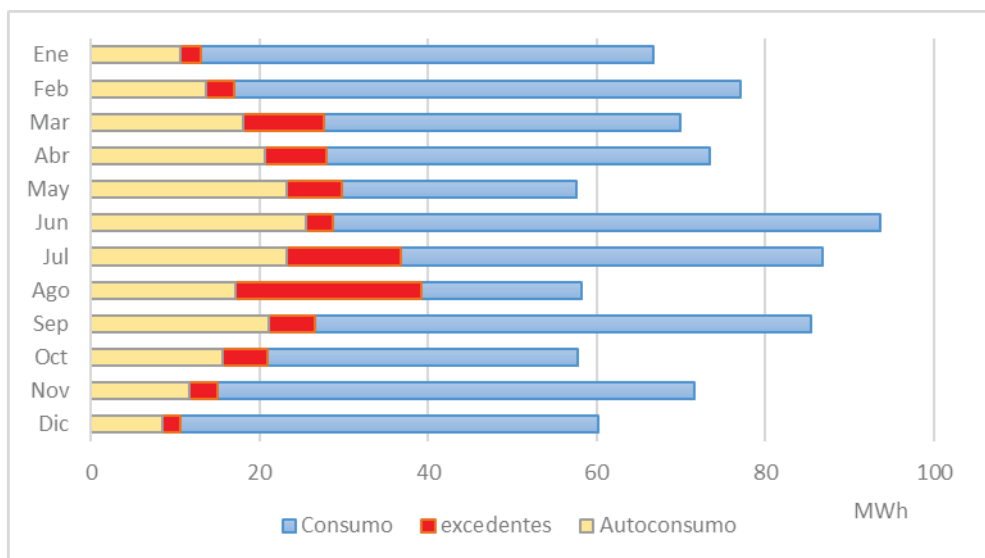
Otro tema a puntualizar es que, en este caso, las diferencias de inversión entre las distintas situaciones, según el espaciado de módulos, son mucho más grandes debido a que dada la amplitud de la zona, el número de módulos a instalar y las diferencias si se cambia la distancia entre estos son mucho mayores.

Teniendo en cuenta estas 2 observaciones, los resultados económicos muestran que la distancia que más rentabilidad obtiene en el caso de autoconsumo sin excedentes se da con la separación entre módulos de 2,4 metros (referencia de IDAE); no ocurriendo así en los escenarios acogidos a compensación por excedentes y autoconsumo en la nube, en los cuales las situaciones con espaciado entre módulos de 2 metros obtienen resultados mejores. Los resultados detallados de los balances económicos anuales de la situación con mejores resultados se recogen en el *Anexo 5*.



**ilustración 73 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Zona Interior**

Como se observa, en este caso, la curva de carga de la generación media supera las necesidades de consumo del campus en ciertos meses.



**ilustración 74 - Balances energéticos mensuales. Zona Interior**

Estos resultados se confirman atendiendo a los balances mensuales evaluados cada día, en los cuales los excedentes son mayores, sobre todo en los meses de verano cuando la generación es mayor.

Por lo tanto, aunque la solución de autoconsumo sin excedentes sigue resultando muy rentable, dado que en esta instalación los sombreados por obstáculos son prácticamente nulos, sería más interesante plantearse soluciones acogidas al régimen de autoconsumo con excedentes o autoconsumo en la nube.

### Zona Exterior

La zona exterior abarca una zona muy amplia, lo que permite realizar una instalación similar a una planta fotovoltaica de ya cierta potencia.

Se estudian 2 escenarios instalando el máximo de potencia que encaja según las dimensiones y un segundo con una potencia menor y una disposición de módulos más jerárquica.

En todas las situaciones se toma conciencia de que, dado que la potencia de la instalación es muy elevada, la energía generada excederá en gran medida a la energía consumida en el Campus de Colmenarejo; por lo tanto, la alternativa de adaptarse al sistema de autoconsumo sin excedentes queda bastante descartada.

Los resultados energéticos y económicos se muestran en la *Tabla 16*.

Casos	Inclinación (º)	30	20	30
	Distancia (m)	2,4	2,4	2,4
	Azimut (º)	0	0	0
Potencia Instalada		3.115 kWp	3.115 kWp	2.526 kWp
Energía Generada (año)		5.339 MWh	5.288 MWh	4.324 MWh
Inversión		2.070.510 €	2.070.510 €	1.683.607 €
PR		84,58%	85,92%	84,48%
Autoconsumo sin excedentes	Ahorro en el consumo anual	42.665,12 €	43.054,23 €	42.099,13 €
	Recuperación de la inversión			
	VAN	-1.654.291,14 €	-1.651.658,83 €	-1.272.441,15 €
	TIR	-9,17%	-9,13%	-7,75%
Autoconsumo con excedentes	Ahorro en el consumo anual	214.216,08 €	211.561,09 €	177.661,95 €
	Recuperación de la inversión	13 años	13 años	13 años
	VAN	346.126,13 €	314.748,38 €	314.513,98 €
	TIR	8,00%	7,83%	8,23%
Autoconsumo en la nube	Ahorro en el consumo anual	430.091,09 €	423.999,95 €	348.335,49 €
	Recuperación de la inversión	6 años	6 años	6 años
	VAN	2.862.140,11 €	2.792.266,18 €	2.311.773,62 €
	TIR	20,25%	19,94%	20,16%

**Tabla 16 - Comparativa de resultados económicos de las distintas situaciones. Zona Exterior**

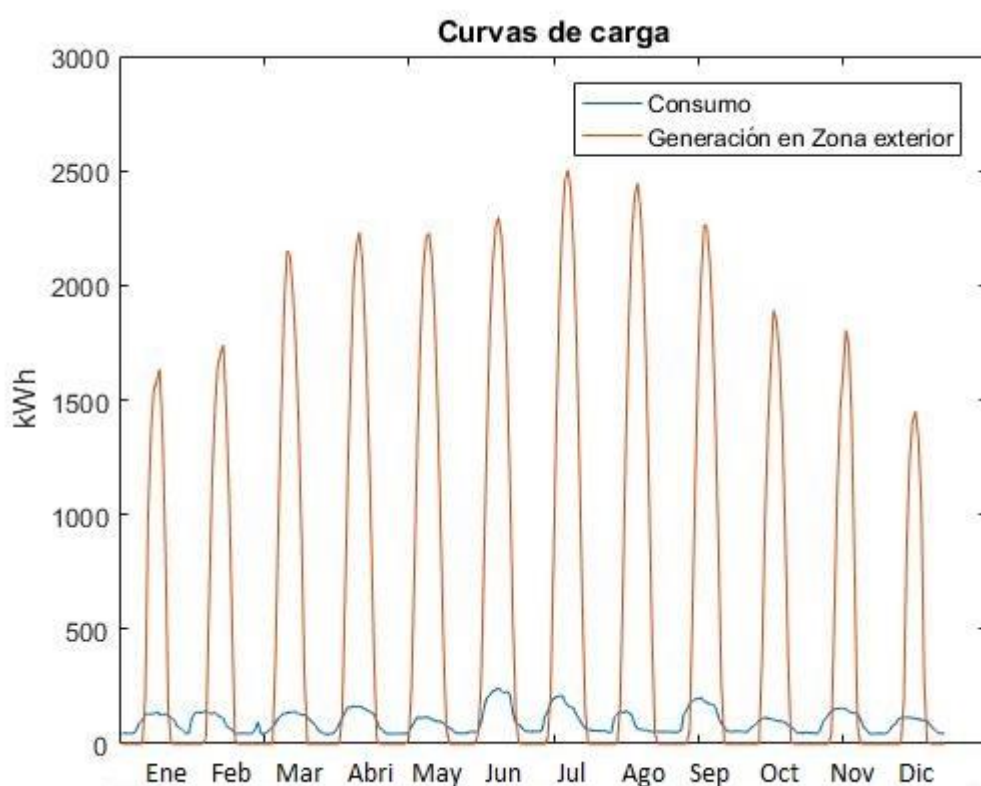
Como detallan los resultados, la opción de acogerse a autoconsumo sin excedentes no es rentable y se tardarían más años en recuperar la inversión de los que tiene de vida útil la instalación.

Por otro lado, se observa que al igual que ocurre en el resto de las simulaciones, los resultados son mejores con un ángulo de inclinación de 30º más adaptado a la latitud del

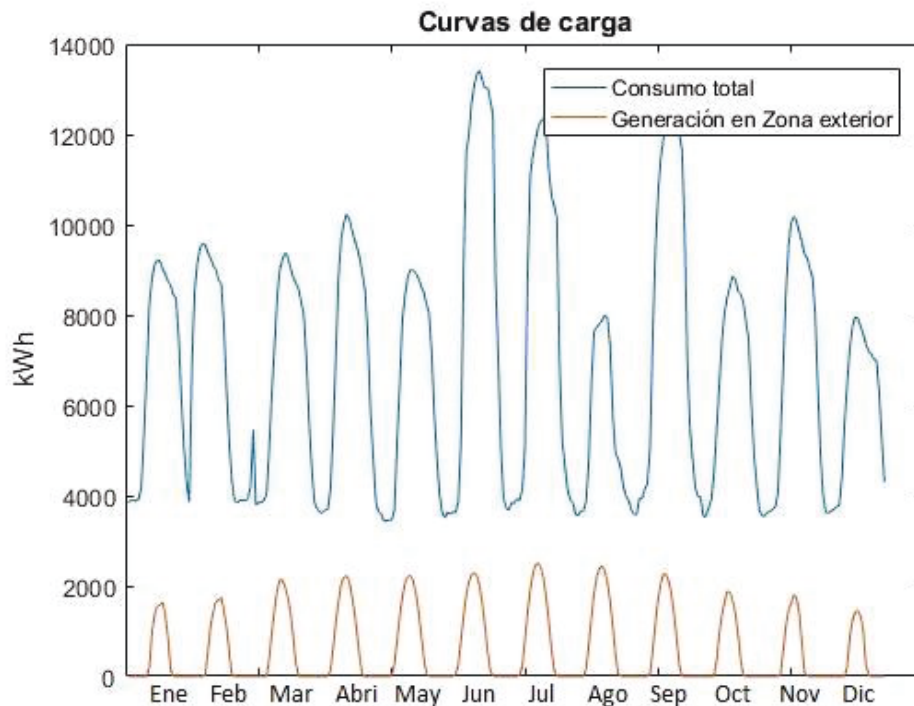
emplazamiento. Los resultados detallados de los balances económicos anuales de la situación con mejores resultados se recogen en el *Anexo 6*.

Como resultado más destacado, se concluye que la planta obtiene una rentabilidad competitiva en los casos acogidos a autoconsumo con excedentes y autoconsumo en la nube, en los cuales la planta obtiene unos valores de rentabilidad muy abultados.

En la *ilustración 75* e *ilustración 76* se muestran las curvas de carga de la generación de la planta frente al consumo del Campus de Colmenarejo y el consumo global de la Universidad Carlos III de Madrid. Como se mencionaba, la energía generada por la planta está muy por encima de la energía consumida por el Campus teniendo unos excedentes muy elevados. Sin embargo, esta generación sí encaja en el caso de considerar el consumo total de la Universidad, reduciendo casi por completo en este caso los excedentes de energía de la instalación.

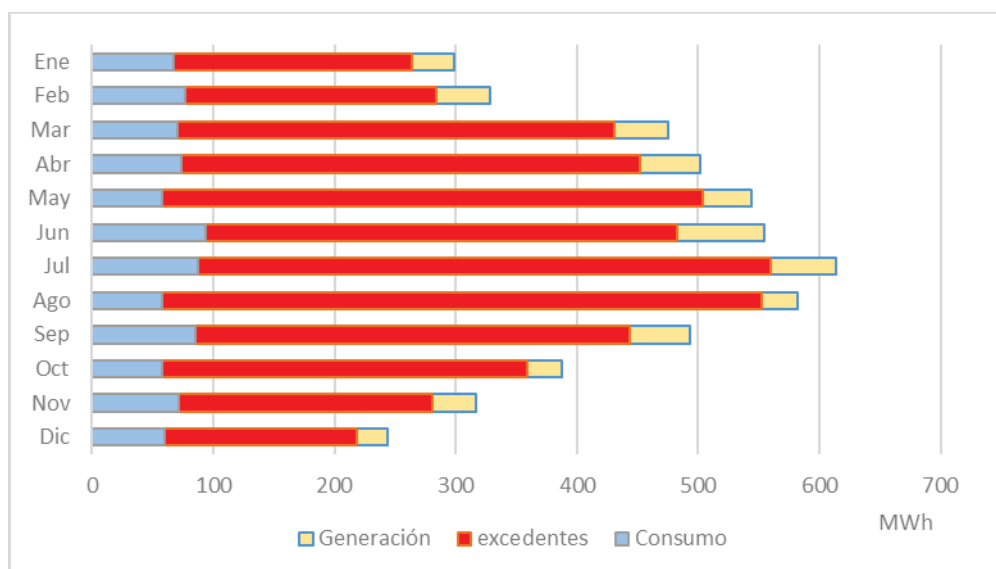


**Ilustración 75 - Curva de Carga de la generación frente al consumo del campus. Zona Exterior**



**Ilustración 76 - Curva de carga de la generación frente al consumo completo de la Universidad. Zona Exterior**

En la *ilustración 77* se muestra como la inmensa mayoría de la energía generada es excedentaria con respecto al consumo del Campus.



**Ilustración 77 - Balances energéticos mensuales. Zona Exterior<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> En este caso la generación (barra amarilla) y los excedentes (barra roja) están superpuestos, siendo la generación la energía total generada por la planta (midiéndose desde 0 hasta el final) y los excedentes la energía sobrante (medida de la misma forma que la generación).

### Suma de las distintas instalaciones

Todas estas instalaciones y balances energéticos se suman atendiendo a los intereses y situaciones del campus, con el objetivo de estudiar el proyecto en su conjunto. Estas evaluaciones se agruparán en 3 conjuntos atendiendo a las posibilidades y probabilidad de instalación del Campus de Colmenarejo.

En primer lugar, se evalúa la posibilidad más realista, que tiene en cuenta la suma de las instalaciones de las cubiertas de los edificios con más opciones a instalar: La cubierta de la Biblioteca y el Miguel de Unamuno.

La curva de carga y los balances energéticos se exponen a continuación. Como se muestra en ambas *ilustraciones 78 y 79* en ciertos meses del año se la generación se encuentra por encima del consumo, generándose excedentes.

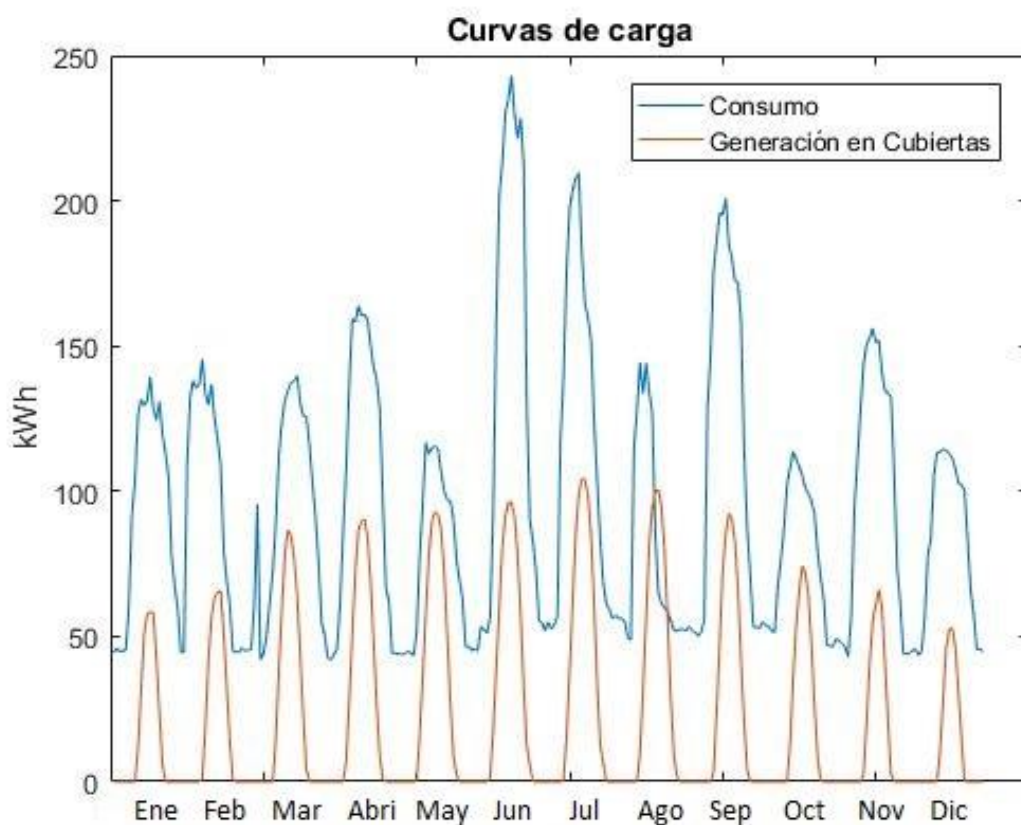
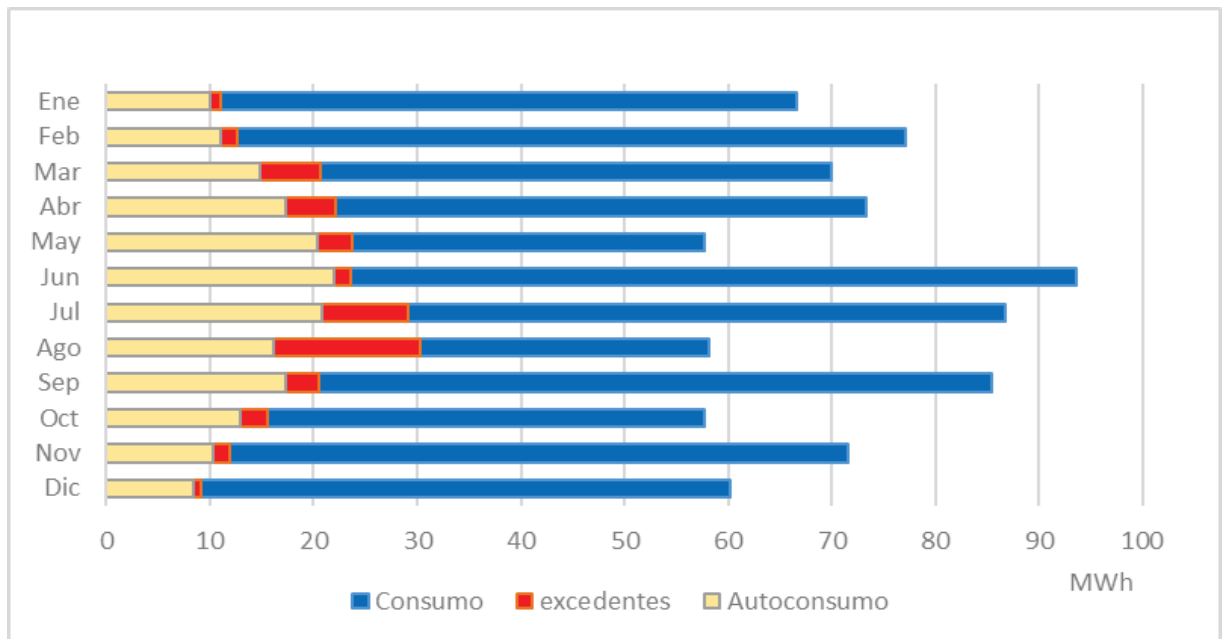


ilustración 78 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Suma de Cubiertas

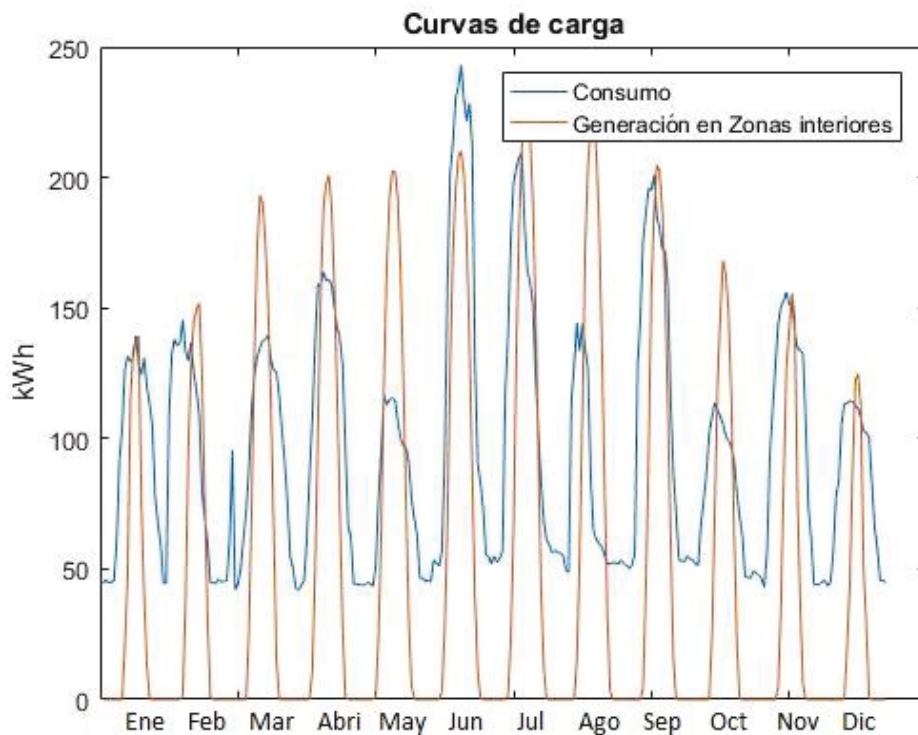




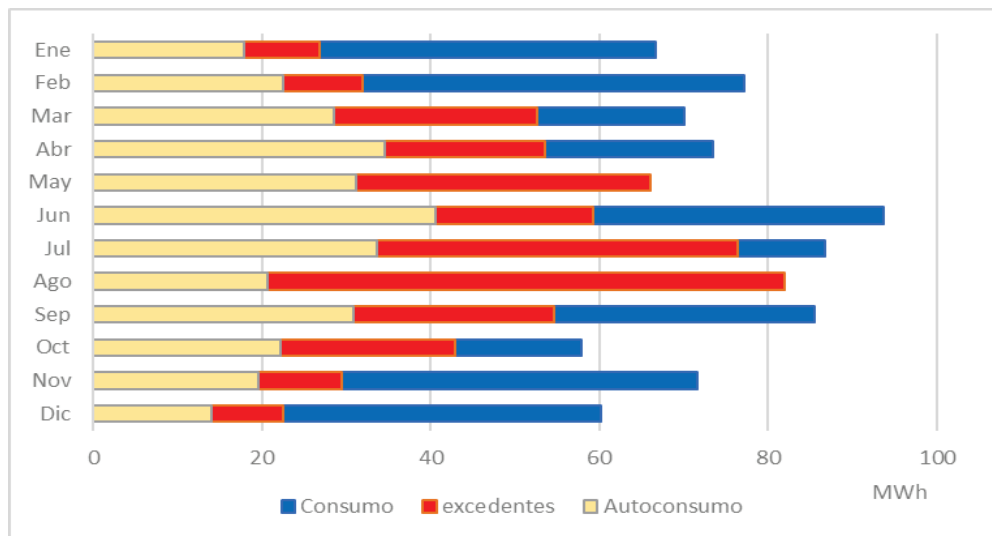
**ilustración 79 - Balance energético medio mensual de la suma de instalaciones en cubiertas**

En segundo lugar, se propone un escenario en el que se plantea la realización de las instalaciones interiores, excluyendo la Residencia, es decir las instalaciones en las cubiertas de la Biblioteca y el Miguel de Unamuno y la Zona Interior.

Se trata de otra opción bastante realista que incluye la ocupación de zonas de suelo interiores al campus, pero muy poco transitables.



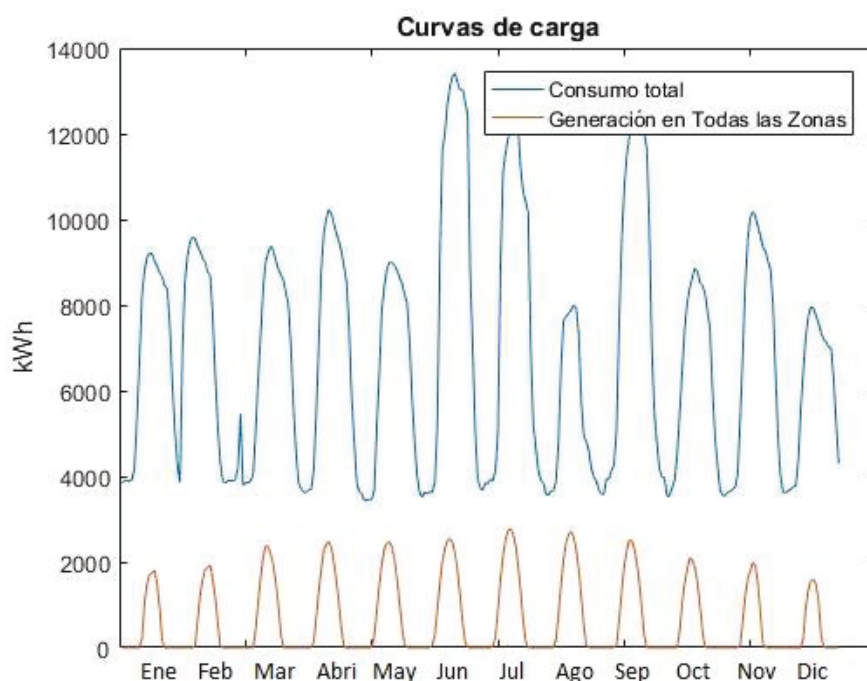
**Ilustración 80 - Curva de carga de la generación frente al consumo. Suma de zonas interiores**



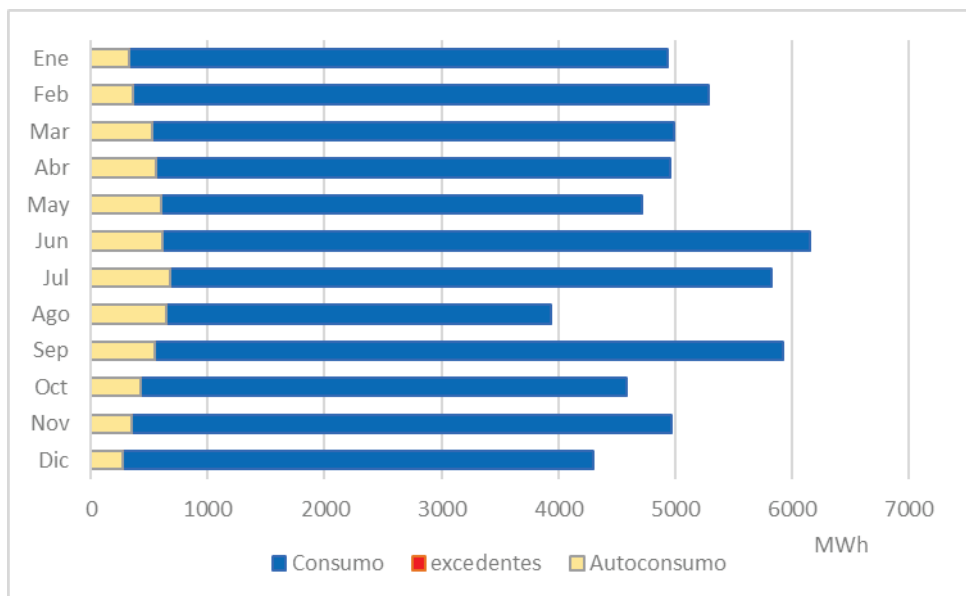
**Ilustración 81 - Balances energéticos mensuales de la suma de las zonas interiores**

En las *ilustraciones 80 y 81* se muestran la curva de carga y los balances energéticos mensuales de la solución. Como se observa, la generación supera ya en muchos meses la curva de consumo y los excedentes se incrementan en exceso.

La última propuesta consiste en la integración de todas las instalaciones estudiadas para el campus, con posibilidad de situar los módulos fotovoltaicos. Como es lógico la generación se encuentra muy por encima del consumo del campus y por ello la comparación se realiza con respecto al consumo global de la Universidad Carlos III.



**Ilustración 82 - Curva de carga de la generación frente al consumo total de toda la Universidad. Suma de todas las zonas**



**Ilustración 83 - Balances energéticos mensuales de la suma de todas las zonas**

Como se observa en ambas *ilustraciones 82 y 83*, la generación está por debajo del consumo total de toda la Universidad y por lo tanto no se generan excedentes en esta comparación.

A continuación, en la *Tabla 17* se muestran los resultados energéticos y económicos de las propuestas más significativas y que mejor se ajustan a las disponibilidades del Campus de Colmenarejo y a los distintos escenarios que se han planteado según la normativa actual para este estudio: Generación con autoconsumo sin excedentes, con excedentes y solución de autoconsumo en la nube.

Estas propuestas destacadas son: La suma de las instalaciones en cubiertas más posibles, la instalación en la zona de suelo interior, la suma de todas las instalaciones más viables interiores al campus, la planta exterior y la suma total de todas las instalaciones.

Según los resultados expuestos en la *Tabla 17*, la instalación que mejor se adapta al consumo del campus es la estudiada en la Zona Interior; cabe destacar que la opción de todas las zonas sumadas no se ha planteado para realizar este autoconsumo sin excedentes.

Lo mismo ocurre en términos de rentabilidad en el caso del escenario acogiendo a autoconsumo con excedentes, en el que la instalación de la Zona Interior rentabiliza más la inversión, pero es cierto que las otras propuestas de instalación con más potencia, como la suma de las zonas interiores, la zona exterior y la suma de todas las zonas, generan un valor actual neto más alto.

Por último, referido al escenario de autoconsumo en la nube, como cabía de esperar las instalaciones con más potencia instalada obtienen una rentabilidad mayor en esta modalidad. La situación que contempla únicamente la Zona Exterior es la que más tasa de rentabilidad obtiene para la inversión, pero la suma de todas las zonas proporciona un valor actual neto mayor a 20 años de plazo.

### Capítulo 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Casos		Cubiertas	Zona interior	Suma de Zonas interiores	Zona exterior	Suma de Todas las Zonas
Potencia Instalada		132,82 kWp	158 kWp	290,82 kWp	3,115 MW	3,465 MWp
Energía Generada (año)		205.923 kWh	250.876 kWh	456.799 kWh	5.339 kWh	5.787 MWh
Inversión		126.468 €	111.819 €	244.505 €	2.070.510 €	2.374.013 €
Autoconsumo sin excedentes	Ahorro en el consumo anual	14.747,22 €	17.005,20 €	26.045,65 €	42.665,12 €	
	Recuperación de la inversión	13 años	9 años	15 años		
	VAN	42.681,46 €	74.272,87 €	54.236,60 €	-1.480.535,61 €	
	TIR	9,89%	13,53%	8,61%	-5,25%	
Autoconsumo con excedentes	Ahorro en el consumo anual	15.861,01 €	18.351,13 €	32.660,07 €	214.216,08 €	257.144,92 €
	Recuperación de la inversión	12 años	8 años	11 años	13 años	13 años
	VAN	55.456,54 €	93.581,52 €	130.103,44 €	442.165,95 €	575.418,98 €
	TIR	10,98%	15,18%	11,96%	8,49%	8,84%
Autoconsumo repartido	Ahorro en el consumo anual	16.523,37 €	20.081,49 €	36.605,38 €	430.091,09 €	474.511,42 €
	Recuperación de la inversión	11 años	7 años	9 años	6 años	7 años
	VAN	63.053,73 €	118.514,14 €	175.355,77 €	2.862.600,92 €	3.068.595,65 €
	TIR	11,61%	17,21%	13,85%	20,25%	19,41%

**Tabla 17 - Comparativa de las zonas destacadas**

# Conclusiones

En primer lugar, en cuanto a la comparativa entre los softwares utilizados para el estudio energético, PVSyst y PVDesign, las conclusiones de su aplicación son las siguientes:

Por un lado, PVSyst te permite estudiar la instalación en cubiertas de edificios complicados, llevar a cabo un estudio más detallado de las pérdidas por sombreado y aporta unos resultados energéticos más amplios. Este software es por lo tanto más apropiado para instalaciones pequeñas y medias, sobre todo en cubiertas de edificios y para realizar un estudio más detallado de la colocación de los módulos.

Por su parte, PVDesign permite realizar un estudio más centrado en las necesidades de la obra civil, atendiendo mucho más al espacio para elementos auxiliares y materiales necesarios para la instalación. Sin embargo, no permite realizar estudios en espacios reducidos donde la instalación vaya a ser menor de 500 kW y tampoco adaptarse a cubiertas complicadas de edificios. Por lo tanto, se puede afirmar que PVDesign es un software muy útil para realizar un estudio de obra civil en grandes espacios y para grandes plantas.

En cuanto a las conclusiones del proyecto para el Campus de Colmenarejo, éstas se plantearán en términos energéticos y económicos, en cada uno de los edificios y zonas de suelo designadas para la instalación. Además, se presentan los resultados económicos del cómputo global del campus teniendo en consideración, en primer lugar, las zonas que se consideran más realistas y viables para la aplicación del proyecto y en segundo lugar, la suma de todas las zonas planteadas.

En primer lugar, en el edificio de la Biblioteca se han estudiado distintas configuraciones en función del ángulo de inclinación de los módulos y de la distancia entre estos. Según los datos expuestos en el estudio técnico y económico se resaltan las siguientes conclusiones.

Si bien es cierto que, con los módulos colocados de forma extremadamente próxima entre sí, la potencia instalada es mayor, las pérdidas de sombreado en las que se incurren implican que los resultados energéticos y económicos sean mucho peores, debido a la gran inversión y el escaso beneficio.

Otro dato relevante es que, pese a que la orientación sur sin desviaciones es, a priori, la más recomendable, la geometría del edificio dificulta la introducción de un gran número de módulos y aunque los valores de la tasa de rentabilidad de la inversión son muy similares a los obtenidos en los casos de orientación desviada, siguiendo las líneas de construcción del edificio; finalmente, el valor actual neto se encuentra bastante por debajo que los obtenidos al instalar más potencia.

En perspectiva final, las situaciones que mayor índice de rendimiento obtiene en las simulaciones, resultan en la mejor opción en términos económicos. En este caso, la situación mejor coincide con las recomendaciones de distancia propuestas por IDAE: Orientación 20°, inclinación 30°, distancia entre módulos de 2,4 metros.

## CAPÍTULO 3: CONCLUSIONES

En cuanto al edificio principal del campus, el edificio Miguel de Unamuno, se plantean 2 situaciones de ocupación de las zonas viables de la cubierta. Por un lado, una situación más realista con los módulos coplanarios a la inclinación de la cubierta y por otro pretendiendo una disposición más óptima en cuanto a inclinación.

En este caso la situación con módulos coplanarios resulta ventajosa y logra subsanar las pérdidas por no utilizar la inclinación óptima, con las nulas pérdidas por sombreado cercano entre cadenas. Esto se logra porque la inclinación de la cafetería es la suficiente; si esta inclinación fuese menor probablemente esta situación no fuese tan beneficiosa.

Por lo tanto, resulta bastante más apropiado colocar los módulos coplanarios en las cubiertas, no solo reduciendo los impactos visuales si no obteniendo mejores rendimientos.

Referido a la zona en suelo interior del campus, se estudian diferentes disposiciones según el ángulo de orientación y la distancia entre módulos, muy similar a la que se lleva a cabo en el edificio de la Biblioteca.

Los resultados muestran que el ángulo que logra mejores resultados en las simulaciones, en este caso, es para  $0^\circ$  con respecto a la orientación sur. Esto se debe a que las diferencias entre las potencias pico de la instalación debidas al espacio son, en este caso mínima entre ambas variantes, es decir caben prácticamente el mismo número de módulos sin incurrir en un exceso de pérdida por sombreado; esto da pie a colocar los módulos con una orientación más recomendable.

Referido a la distancia entre módulos, en este caso las diferencias entre la distancia recomendada por IDAE y una distancia menor que permita incluir más módulos, tiene un resultado mucho más ajustado, siendo mejor escoger una distancia mayor en el caso de acogerse a la medida de autoconsumo sin excedentes y al contrario en los escenarios de autoconsumo con excedentes y en la nube. Estos resultados se explican como consecuencia de aplicar factores de escala, reduciendo el precio individual de algunos dispositivos, por ser una instalación bastante más grande; lo cual implica que, si la energía que excede del consumo es retribuida, interese instalar más potencia.

Por último, en la zona de suelo exterior y en el edificio de la Residencia, ambos considerados como escenarios menos realistas o viables para el proyecto por condiciones logísticas, se concluye que la inclinación de los módulos de 30 grados y distancias entre ellos recomendadas por IDEA, son las situaciones planteadas principalmente para el estudio.

En el caso de la planta de la Zona Exterior, se concluye que la potencia instalada y energía que se genera excede en mucho a la energía consumida por el campus, de tal forma que esta situación solo tendría sentido en casos de autoconsumo con excedentes o la modalidad de autoconsumo en la nube.

Atendiendo a los resultados energéticos y económicos, se puede afirmar que las instalaciones en suelo obtienen mejores rendimientos y rentabilidades que las instalaciones de cubiertas porque no requieren adaptar el esquema de la planta a la

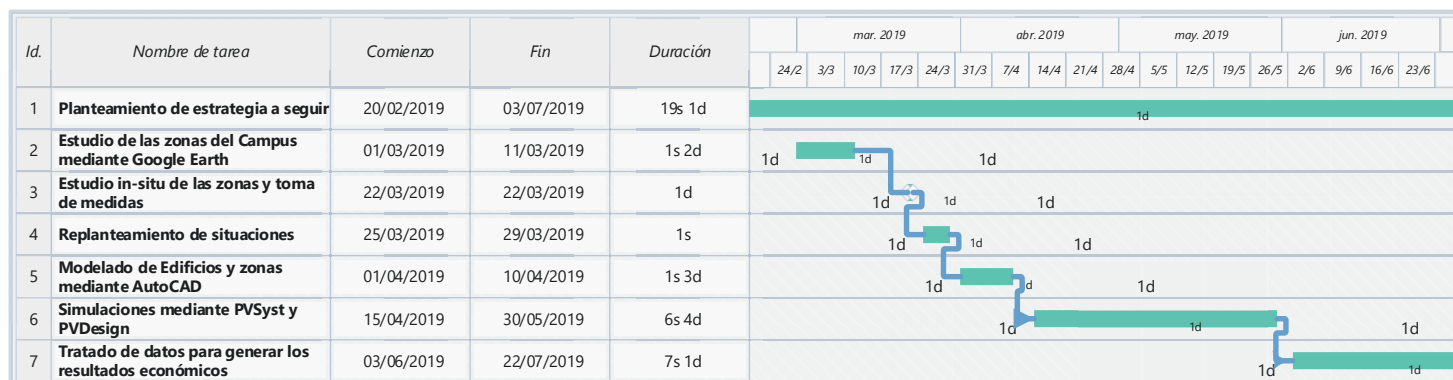
geometría del edificio e incurrir en menores pérdidas por sombreado de elementos cercanos.

Como conclusiones globales de todas las instalaciones estudiadas para el Campus de Colmenarejo. Se concluye que la instalación que mejor rentabilidad de la inversión obtiene para la modalidad de autoconsumo sin excedentes es la planteada en la Zona Interior. En el caso de autoconsumo con excedentes, la Zona Interior sigue generando mayor rentabilidad para la inversión; sin embargo, la suma de las zonas interiores obtiene un mayor valor actual neto, pero llevando a cabo una inversión más alta. Por último, para la modalidad de autoconsumo en la nube, el consumo de toda la Universidad Carlos III es tan alta que la suma de la energía de todas las zonas no excede al consumo y es por lo tanto la situación que mejores resultados económicos obtiene.

# Capítulo 4

## Presupuesto

El proyecto consiste en realizar una o varias instalaciones fotovoltaicas en las inmediaciones del Campus de Colmenarejo, por lo tanto, el presupuesto incluye el precio de los módulos, de los componentes electrónicos y las necesidades de tratamiento y alisado del suelo.



**Ilustración 84 - Diagrama de Gantt**

En la *Ilustración 84* se expone el diagrama de Gantt del proyecto con la duración aproximada de las principales tareas llevadas a cabo (espacio temporal medido en semanas y días).

Para realizar las aproximaciones económicas de los precios de los distintos elementos se ha utilizado el catálogo profesional de ALBASOLAR [17]. Los precios de los elementos más destacados se muestran a continuación en la *Tabla 18*.



Precio Unitario		
Modulo	Inversor	
206 €	1,5 kW	906 €
	2 kW	1.049 €
	3 kW	1.325 €
	5 kW	2.024 €
	10 kW	3.045 €
	50 kW	5.755 €
	1 MW	70.110 €

**Tabla 18 - Precio de los principales elementos**

Como se ha visto en el apartado de *Resultados energéticos y económicos*, dependiendo del escenario al que se decida acogerse el proyecto, la inversión a realizar y, por lo tanto, el presupuesto es completamente distinto.

Teniendo en cuenta lo expuesto, en los casos de los escenarios acogidos a autoconsumo sin excedentes, autoconsumo con excedentes y autoconsumo en la nube, el presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 111.819 €, 244.505 € y 2.374.013 € respectivamente.

Leganés a 24 de Junio de 2019

El ingeniero proyectista

Fdo. Santiago Bernal Parrondo.



# Estudios Futuros

Todo el estudio realizado en el presente proyecto trata los aspectos energéticos y económicos en función de la legislación actual, la tarifa aplicada actualmente y el precio de mercado y además teniendo en cuenta la evolución del consumo en los próximos 20 años de vida útil de la instalación.

Sin embargo, existen otros estudios que podrían complementar el proyecto y los aspectos económicos, éstos son:

- Estudio sobre la utilización de baterías. Aunque a priori, las horas de generación mediante energía solar casan con las horas de mayor actividad en la universidad y por lo tanto de mayor consumo; se podría llevar a cabo un estudio en profundidad sobre la utilización de baterías para evitar el vertido de excedentes en ciertos momentos de generación y la rentabilidad añadida que podría tener el proyecto en tal caso.
- Estudio sobre la influencia del sistema de autoconsumo en el término de potencia de la factura. Como se muestra en las tablas de los balances anuales, el término de potencia tiene una influencia destacada en la factura de la energía. Este término, a diferencia de como ocurre en los contratos domésticos comunes, depende de la potencia máxima consumida de cada mes. De tal forma, que la introducción de la tecnología solar fotovoltaica para el autoconsumo podría reducir los picos de potencia y lograr reducir el coste del término de potencia en la factura.

## Glosario

IDAE	<i>Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía</i>
PR	<i>Performance Ratio</i>
PVPC	<i>Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor</i>
Pmh	<i>Precio medio horario</i>
VAN	<i>Valor Actual Neto</i>
TIR	<i>Tasa Interna de Retorno</i>
PIB	<i>Producto Interior Bruto</i>

# Referencias

- [1] – microsiervos <<https://www.microsiervos.com/archivo/ecologia/superficie-tierra-energia-solar.html>> (visitada en mayo de 2019)
- [2] – Informe de precios de 2018. OMIE
- [3] – Informe sistema eléctrico. REE
- [4] - Result of the review in preparation of the 2019 edition of the EU SDG monitoring report. European Commision, EUROSTAT
- [5] – El periódico de la energía <<https://elperiodicodelaenergia.com/todos-los-proyectos-de-renovables-ganadores-de-las-subastas-estaran-en-funcionamiento-el-1-de-enero-de-2020/>> (visitada en mayo de 2019)
- [6] – Real Decreto 224/2019. BOE-A-2019-6298
- [7] – UNEF <<https://unef.es/2016/06/el-id-espanol-y-el-26-j-claves-para-el-desarrollo-de-la-fotovoltaica/>> (Visitada en mayo de 2019)
- [8] – A. Sanchis, A.Fernandez. *El factor de apuntamiento y el efecto de la canibalización en la fotovoltaica. Una perspectiva de futuro.* <<https://blog.altran.es/industria-energia/factor-de-apuntamiento-y-efecto-canibalizacion-fotovoltaica/>>
- [9] – P.O. 3.2 -  
<[https://www.ree.es/sites/default/files/01\\_ACTIVIDADES/Documentos/Procedimientos Operacion/RES\\_VAR\\_20151218\\_Participacion\\_en\\_servicios\\_de\\_ajuste\\_y\\_aprobacion\\_POs.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/01_ACTIVIDADES/Documentos/Procedimientos Operacion/RES_VAR_20151218_Participacion_en_servicios_de_ajuste_y_aprobacion_POs.pdf)>
- [10] – El periódico de la Energía <<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/claves-en-la-operacion-y-mantenimiento-de-20150629>> (visitada en mayo de 2019)
- [11] – Real Decreto 900/2015. BOE-A-2015-10927
- [12] – Guía de tramitación del autoconsumo. <2019\_04\_10\_guia\_autoconsumo\_v1>
- [13] – Red Eléctrica de España <<https://www.esios.ree.es/es/pvpc>> (Visitada en mayo de 2019)
- [14] – UC3M  
<[https://www.uc3m.es/ss/Satellite/UC3MInstitucional/es/TextoMixta/1371206708023/Campus\\_de\\_Colmenarejo](https://www.uc3m.es/ss/Satellite/UC3MInstitucional/es/TextoMixta/1371206708023/Campus_de_Colmenarejo)> (Visitada en febrero de 2019)

[15] – PCT-C-REV – julio 2011. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.

[16] – Corporate Finance. Jonathan Berk and Peter deMarzo. Global Edition

[17] – Catálogo ALBASOLAR. <<http://albasolar.es/wp-content/uploads/2016/11/Cat%C3%A1logo-Albasolar.pdf>>

# Anexos

## Anexo 1. Módulo solar ET-M672345WW/WB 345W



Hacemos que Solar Evolucione

### EliTe MONO

Módulo de Monocrystalino

ET-M672355WW/WB 355W  
 ET-M672350WW/WB 350W  
 ET-M672345WW/WB 345W  
 ET-M672340WW/WB 340W  
 ET-M672335WW/WB 335W

Cartera rica de productos & Estrategia innovadora de productos, satisface las necesidades del cliente de la mejor manera y mantiene todos los costes de los clientes a los más bajos.



**Alta Eficiencia de Conversión**  
 Las técnicas de procedimiento de líderes en la industria hacen la eficiencia de módulos al máximo de 18.30%. la potencia de salida estable garantizada.



**Revestimiento anti reflectante y reducir costos de Operación& Mantenimiento**  
 Más fácil de limpiar con agua de lluvia para remover suciedad en la superficie del vidrio ,haciendo una mejor potencia de salida y menores costos de mantenimiento.



**Tolerancia Positiva 0 a +5W**  
 Obtener más rendimiento de energía de lo esperado.



**Excelente capacidad de carga**  
 2400Pa carga de viento , 5400Pa carga de nieve.  
 Durable y de larga duración.



**Producto de mejor calidad y de confianza**  
 Riguroso sistema de gestión de calidad construido.  
 Múltiples certificaciones estándares de la industria fotovoltaica reconocidos a ámbito internacional obtenidos.



25

25 años de garantía en el rendimiento

10

10 años de garantía en materiales y mano de obra

IEC 61215 Ed.2  
 IEC 61730  
 IEC 61701  
 IEC 62716  
 UL 1703









[www.etsolar.com](http://www.etsolar.com)

14/ET-PD-SF-EJ0217V2

74

## ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS (STC)

Tipo de Modelo	ET-M672355VWV	ET-M672350VWV	ET-M672345VWV	ET-M672340VWV	ET-M672335VWV
	ET-M672355WB	ET-M672350WB	ET-M672345WB	ET-M672340WB	ET-M672335WB
Potencia Máxima	355W	350W	345W	340W	335W
Eficiencia de Módulo	18.30%	18.04%	17.78%	17.52%	17.26%
Tensión de Funcionamiento Óptimo(Vmp)	38.98V	38.51V	38.38V	38.17V	37.94V
Corriente de Funcionamiento Óptimo(Imp)	9.12A	9.09A	8.99A	8.91A	8.83A
Tensión de Circuito Abierto(Voc)	47.74V	47.64V	47.13V	46.91V	46.75V
Corriente de Cortocircuito(Isc)	9.65A	9.59A	9.48A	9.41A	9.33A
Tolerancia de Potencia	0 to +5W				
Temperatura de operación	- 40 ~ + 85°C				
Máxima Tensión del Sistema	DC 1000V				
Temperatura de Célula en operación nominal	45±2°C				
Seguridad contra Incendios	Class C				
Amperaje Máximo del Fusible de Serie	20A				

## ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS (NOCT)

Tipo de Modelo	ET-M672355VWV	ET-M672350VWV	ET-M672345VWV	ET-M672340VWV	ET-M672335VWV
	ET-M672355WB	ET-M672350WB	ET-M672345WB	ET-M672340WB	ET-M672335WB
Potencia Máxima	259.0W	255.9W	251.8W	248.2W	244.6W
Tensión de Funcionamiento Óptimo(Vmp)	35.6V	35.6V	35.4V	35.2V	35V
Corriente de Funcionamiento Óptimo(Imp)	7.24A	7.18A	7.11A	7.05A	6.99A
Tensión de Circuito Abierto(Voc)	43.6V	43.7V	43.2V	43V	42.9V
Corriente de Cortocircuito(Isc)	7.79A	7.74A	7.65A	7.60A	7.53A

## ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

Tipo de Celda	156.75mm x 156.75mm
Cantidad de Celdas	72 Celdas en serie
Peso	25.7 kg (56.66 lbs)
Dimensión	1956×992×40mm (77.01×39.06×1.58 inch)
Carga Máxima	5400 Pascals ( 112 lb/ft²)
Caja de Conexiones	Calificación ≥IP67
Conector	MC4 Compatible
Cable	PV 1-F 4mm²

## COEFICIENTE DE TEMPERATURA

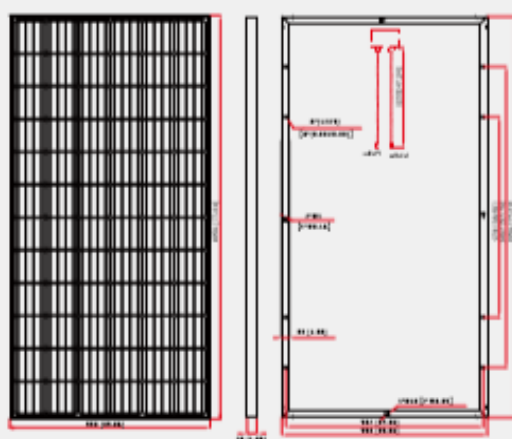
Coef de Temperatura de Isc(TK Isc)	0.05% /°C
Coef de Temperatura de Voc(TK Voc)	-0.30% /°C
Coef de Temperatura de Pmax(TK Pmax)	-0.42% /°C

## FORMA DE EMBALAJE

Contenedor	40' HQ
Piezas por Paleta	26
Piezas por Contenedor	572

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Unidad:mm (inch)



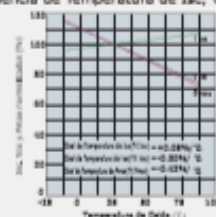
Nota: Las especificaciones han sido obtenidas en condiciones de medida estándar (STC) 1000W/m² de irradiación solar, 1.5 de masa de aire y una temperatura de celda de 25. El NOCT ha sido obtenido en condiciones de medida 800W/m², 20 °C de temperatura ambiental, 1m/s de velocidad de viento, AM 1.5 de espectro.

Por favor entre en contacto con [support@etbsolar.com](mailto:support@etbsolar.com) si necesita soporte técnico.

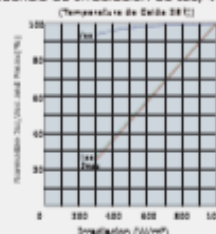
Las actuales transacciones se sujetan a los contratos. Los parámetros sólo sirven como referencias y no forman parte de los contratos. Las especificaciones están sujetas a cambios sin notificación previa.

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Dependencia de Temperatura de Isc, Voc and Pmax



Dependencia de Irradiación de Isc, Voc and Pmax



# Anexo 2. Contrato de energía

ENERGYA VM GESTIÓN DE LA ENERGÍA, SLU

PROPUESTA ECONÓMICA									
LOTE 1: <del>Multiclick</del>									
<b>Fórmula:</b> $\text{Precio de la Energía} = \% \text{ cerrado en OMIP} \times (\text{OMIP} \times \text{M} + \text{As}) + \% \text{ abierto a OMIE} \times (\text{OMIE} \times \text{Ms} + \text{As})$									
Índices	Índice de referencia	Unidades	Índice de Referencia						Porcentaje
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Parte cerrada	OMIP	€/kWh	0,045000	0,045000	0,045000	0,045000	0,045000	0,045000	50%
Parte abierta	OMIE	€/kWh	0,053466	0,049040	0,048627	0,046418	0,044693	0,038879	50%
Lote 1	Coefficientes Ofertados	Unidades	Coefficientes Ofertados						Término de energía Lote 1 (€)
Coefficientes aplicables a la parte cerrada en OMIP	M	adimensional	1,335654	1,279589	1,256336	1,169812	1,096188	1,014745	0,00 €
	As	€/kWh	0,039881	0,029342	0,019125	0,013035	0,011501	0,009541	
Coefficientes aplicables a la parte abierta a OMIE	Ms	adimensional	1,089289	1,102294	1,082309	1,086617	1,085234	1,098050	
	As	€/kWh	0,039533	0,029003	0,018786	0,012708	0,011184	0,009236	
LOTE 2: Precio fijo por periodo tarifario									
<b>Fórmula:</b> $\text{Precio de la Energía} = \text{Precio fijo}$									
Lote 2	Unidades	Precio fijo			Término de energía (€)	Término de energía Lote 2 (€)			
		P1	P2	P3					
Tarifa 3.1A	€/kWh	0,087149	0,079232	0,059728	0,00 €	0,00 €			
Tarifa 2.0A	€/kWh	0,116236			0,00 €				
Presupuesto del Licitador									



6.X														
Horas / Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Primera quincena junio	Segunda quincena junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Fin de semana y festivos
H1 (00-01h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H2 (01-02h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H3 (02-03h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H4 (03-04h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H5 (04-05h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H6 (05-06h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H7 (06-07h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H8 (07-08h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H9 (08-09h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H10 (09-10h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H11 (10-11h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H12 (11-12h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H13 (12-13h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H14 (13-14h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H15 (14-15h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H16 (15-16h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H17 (16-17h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H18 (17-18h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H19 (18-19h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H20 (19-20h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H21 (20-21h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H22 (21-22h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H23 (22-23h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H24 (23-24h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6

# Anexo 3. Balances económicos anuales en la Biblioteca

Sin autoconsumo																					
	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	kW	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
(€/kW año)	108,1419																				
Término de potencia		32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €
Consumo	kWh	858759	839007,543	819710,3695	800857,031	782437,3193	764441,261	746859,112	729681,3524	712898,6813	696502,0116	680482,4653	664831,3686	649540,2472	634600,8215	620005,0026	605744,8875	591812,7551	578201,0617	564902,4373	551909,6813
		53.627,57 €	52.394,14 €	51.189,07 €	50.011,72 €	48.861,45 €	47.737,64 €	46.639,68 €	45.566,96 €	44.518,92 €	43.494,99 €	42.494,60 €	41.517,23 €	40.562,33 €	39.629,40 €	38.717,92 €	37.827,41 €	36.957,38 €	36.107,36 €	35.276,89 €	34.465,52 €
Término de energía		53.627,57 €	52.394,14 €	51.189,07 €	50.011,72 €	48.861,45 €	47.737,64 €	46.639,68 €	45.566,96 €	44.518,92 €	43.494,99 €	42.494,60 €	41.517,23 €	40.562,33 €	39.629,40 €	38.717,92 €	37.827,41 €	36.957,38 €	36.107,36 €	35.276,89 €	34.465,52 €
Peaje (%)	5,11	4.398,18 €	4.335,16 €	4.273,58 €	4.213,41 €	4.154,64 €	4.097,21 €	4.041,10 €	3.986,29 €	3.932,73 €	3.880,41 €	3.829,29 €	3.779,35 €	3.730,55 €	3.682,88 €	3.636,30 €	3.590,80 €	3.546,34 €	3.502,90 €	3.460,46 €	3.419,00 €
Alquiler equipos de medida (€/mes)	64	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
IVA normal (%)	21	19.159,63 €	18.887,37 €	18.621,38 €	18.361,50 €	18.107,60 €	17.859,54 €	17.617,18 €	17.380,40 €	17.149,07 €	16.923,05 €	16.702,24 €	16.486,50 €	16.275,72 €	16.069,80 €	15.868,61 €	15.672,04 €	15.480,00 €	15.292,37 €	15.109,06 €	14.929,97 €
FACTURA ANUAL		110.395,96 €	108.827,24 €	107.294,60 €	105.797,21 €	104.334,26 €	102.904,96 €	101.508,53 €	100.144,22 €	98.811,29 €	97.509,02 €	96.236,70 €	94.993,64 €	93.779,18 €	92.592,64 €	91.433,40 €	90.300,82 €	89.194,29 €	88.113,20 €	87.056,99 €	86.025,06 €

Con autoconsumo			año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	Término kW 108, (€/kW año) 1419		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Término de potencia			32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €
Consumo	kWh		839007,858759	819710,543	800857,3695	782437,031	764441,3193	746859,261	729681,112	712898,3524	696502,6813	680482,0116	664831,3686	649540,2472	634600,8215	620005,0026	605744,8875	591812,7551	578201,0617	564902,4373	551909,6813	
	kWh		118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440	118440
Autoconsumo			46.233,31 €	45.017,86 €	43.832,26 €	42.675,55 €	41.547,11 €	40.446,29 €	39.372,96 €	38.326,77 €	37.306,55 €	36.311,28 €	35.340,36 €	34.393,54 €	33.469,81 €	32.568,19 €	31.688,16 €	30.829,75 €	29.992,05 €	29.174,70 €	28.376,99 €	27.598,53 €
Término de energía			46.233,31 €	45.017,86 €	43.832,26 €	42.675,55 €	41.547,11 €	40.446,29 €	39.372,96 €	38.326,77 €	37.306,55 €	36.311,28 €	35.340,36 €	34.393,54 €	33.469,81 €	32.568,19 €	31.688,16 €	30.829,75 €	29.992,05 €	29.174,70 €	28.376,99 €	27.598,53 €
Peaje (%) Alquiler equipos de medida (€/mes)	5,11		4.020,34 €	3.958,23 €	3.897,64 €	3.838,54 €	3.780,87 €	3.724,62 €	3.669,77 €	3.616,31 €	3.564,18 €	3.513,32 €	3.463,71 €	3.415,33 €	3.368,12 €	3.322,05 €	3.277,08 €	3.233,22 €	3.190,41 €	3.148,64 €	3.107,88 €	3.068,10 €
	64		768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
IVA normal (%)		21	17.527,49 €	17.259,20 €	16.997,50 €	16.742,18 €	16.493,10 €	16.250,11 €	16.013,19 €	15.782,27 €	15.557,07 €	15.337,39 €	15.123,07 €	14.914,08 €	14.710,18 €	14.511,17 €	14.316,92 €	14.127,44 €	13.942,54 €	13.762,12 €	13.586,04 €	13.414,21 €
FACTURA ANUAL			100.991,70 €	99.445,85 €	97.937,97 €	96.466,83 €	95.031,65 €	93.631,60 €	92.266,50 €	90.935,92 €	89.638,37 €	88.372,56 €	87.137,71 €	85.933,52 €	84.758,68 €	83.611,97 €	82.492,74 €	81.400,97 €	80.335,57 €	79.296,04 €	78.281,49 €	77.291,41 €
AHORRO			9.404,25 €	9.381,38 €	9.356,62 €	9.330,38 €	9.302,61 €	9.273,36 €	9.242,04 €	9.208,31 €	9.172,92 €	9.136,46 €	9.098,99 €	9.060,13 €	9.020,49 €	8.980,67 €	8.940,66 €	8.899,85 €	8.858,72 €	8.817,17 €	8.775,50 €	8.733,66 €

# Anexo 4. Balances económicos anuales en el Miguel de Unamuno

Cubierta de la cafetería.

Sin autoconsumo																					
	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	kW	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
(€/kW año)	108,1419																				
Término de potencia		32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €
Consumo	kWh	839007,543	819710,3695	800857,031	782437,3193	764441,261	746859,112	729681,3524	712898,6813	696502,0116	680482,4653	664831,3686	649540,2472	634600,8215	620005,0026	605744,8875	591812,7551	578201,0617	564902,4373	551909,6813	
		53.627,57 €	52.394,14 €	51.189,07 €	50.011,72 €	48.861,45 €	47.737,64 €	46.639,68 €	45.566,96 €	44.518,92 €	43.494,99 €	42.494,60 €	41.517,23 €	40.562,33 €	39.629,40 €	38.717,92 €	37.827,41 €	36.957,38 €	36.107,36 €	35.276,89 €	34.465,52 €
Término de energía		53.627,57 €	52.394,14 €	51.189,07 €	50.011,72 €	48.861,45 €	47.737,64 €	46.639,68 €	45.566,96 €	44.518,92 €	43.494,99 €	42.494,60 €	41.517,23 €	40.562,33 €	39.629,40 €	38.717,92 €	37.827,41 €	36.957,38 €	36.107,36 €	35.276,89 €	34.465,52 €
Peaje (%)	5,11	4.398,18 €	4.335,16 €	4.273,58 €	4.213,41 €	4.154,64 €	4.097,21 €	4.041,10 €	3.986,29 €	3.932,73 €	3.880,41 €	3.829,29 €	3.779,35 €	3.730,55 €	3.682,88 €	3.636,30 €	3.590,80 €	3.546,34 €	3.502,90 €	3.460,46 €	3.419,00 €
Alquiler equipos de medida (€/mes)	64	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
IVA normal (%)	21	19.159,63 €	18.887,37 €	18.621,38 €	18.361,50 €	18.107,60 €	17.859,54 €	17.617,18 €	17.380,40 €	17.149,07 €	16.923,05 €	16.702,24 €	16.486,50 €	16.275,72 €	16.069,80 €	15.868,61 €	15.672,04 €	15.480,00 €	15.292,37 €	15.109,06 €	14.929,97 €
FACTURA ANUAL		110.395,96 €	108.827,24 €	107.294,60 €	105.797,21 €	104.334,26 €	102.904,96 €	101.508,53 €	100.144,22 €	98.811,29 €	97.509,02 €	96.236,70 €	94.993,64 €	93.779,18 €	92.592,64 €	91.433,40 €	90.300,82 €	89.194,29 €	88.113,20 €	87.056,99 €	86.025,06 €

Con autoconsumo			año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	Término kW 108,1 (€/kW año)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Término de potencia		32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €
Consumo	kWh	839007,585759	819710,543	800857,3695	782437,031	764441,3193	746859,261	729681,112	712898,3524	696502,6813	680482,0116	664831,4653	649540,3686	634600,2472	620005,8215	605744,0026	591812,8875	578201,7551	564902,0617	551909,4373	538813,6813	525719,6813
Autoconsumo	kWh	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937	77937
		48.713,78 €	47.480,34 €	46.275,28 €	45.097,93 €	43.947,66 €	42.823,84 €	41.725,88 €	40.653,17 €	39.605,13 €	38.581,19 €	37.580,81 €	36.603,43 €	35.648,53 €	34.715,60 €	33.804,12 €	32.913,61 €	32.043,58 €	31.193,56 €	30.363,09 €	29.551,72 €	28.740,72 €
Término de energía		48.713,78 €	47.480,34 €	46.275,28 €	45.097,93 €	43.947,66 €	42.823,84 €	41.725,88 €	40.653,17 €	39.605,13 €	38.581,19 €	37.580,81 €	36.603,43 €	35.648,53 €	34.715,60 €	33.804,12 €	32.913,61 €	32.043,58 €	31.193,56 €	30.363,09 €	29.551,72 €	28.740,72 €
Peaje (%)	5,11	4.147,09 €	4.084,06 €	4.022,48 €	3.962,32 €	3.903,54 €	3.846,11 €	3.790,01 €	3.735,19 €	3.681,64 €	3.629,31 €	3.578,19 €	3.528,25 €	3.479,46 €	3.431,78 €	3.385,21 €	3.339,70 €	3.295,24 €	3.251,81 €	3.209,37 €	3.167,91 €	3.126,44 €
Alquiler equipos de medida (€/mes)	64	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
IVA normal (%)	21	18.075,00 €	17.802,74 €	17.536,75 €	17.276,87 €	17.022,97 €	16.774,91 €	16.532,56 €	16.295,77 €	16.064,44 €	15.838,43 €	15.617,61 €	15.401,87 €	15.191,10 €	14.985,17 €	14.783,98 €	14.587,42 €	14.395,37 €	14.207,75 €	14.024,44 €	13.845,34 €	13.670,44 €
FACTURA ANUAL		104.146,44 €	102.577,72 €	101.045,08 €	99.547,69 €	98.084,74 €	96.655,44 €	95.259,01 €	93.894,70 €	92.561,77 €	91.259,50 €	89.987,18 €	88.744,12 €	87.529,66 €	86.343,12 €	85.183,88 €	84.051,30 €	82.944,77 €	81.863,68 €	80.807,47 €	79.775,54 €	78.775,54 €
AHORRO		6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €	6.249,52 €

Cubierta del nexo de unión.

Sin autoconsumo																					
Potencia contratada	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
	ino																				
(€/kW año)	kW	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	108,1419																				
Término de potencia		32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €
Consumo	kWh	858759	839007,543	819710,3695	800857,031	782437,3193	764441,261	746859,112	729681,3524	712898,6813	696502,0116	680482,4653	664831,3686	649540,2472	634600,8215	620005,0026	605744,8875	591812,7551	578201,0617	564902,4373	551909,6813
		53.627,57 €	52.394,14 €	51.189,07 €	50.011,72 €	48.861,45 €	47.737,64 €	46.639,68 €	45.566,96 €	44.518,92 €	43.494,99 €	42.494,60 €	41.517,23 €	40.562,33 €	39.629,40 €	38.717,92 €	37.827,41 €	36.957,38 €	36.107,36 €	35.276,89 €	34.465,52 €
Término de energía		53.627,57 €	52.394,14 €	51.189,07 €	50.011,72 €	48.861,45 €	47.737,64 €	46.639,68 €	45.566,96 €	44.518,92 €	43.494,99 €	42.494,60 €	41.517,23 €	40.562,33 €	39.629,40 €	38.717,92 €	37.827,41 €	36.957,38 €	36.107,36 €	35.276,89 €	34.465,52 €
Peaje (%) Alquiler equipos de medida (€/mes)	5,11	4.398,18 €	4.335,16 €	4.273,58 €	4.213,41 €	4.154,64 €	4.097,21 €	4.041,10 €	3.986,29 €	3.932,73 €	3.880,41 €	3.829,29 €	3.779,35 €	3.730,55 €	3.682,88 €	3.636,30 €	3.590,80 €	3.546,34 €	3.502,90 €	3.460,46 €	3.419,00 €
	64	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
IVA normal (%)	21	19.159,63 €	18.887,37 €	18.621,38 €	18.361,50 €	18.107,60 €	17.859,54 €	17.617,18 €	17.380,40 €	17.149,07 €	16.923,05 €	16.702,24 €	16.486,50 €	16.275,72 €	16.069,80 €	15.868,61 €	15.672,04 €	15.480,00 €	15.292,37 €	15.109,06 €	14.929,97 €
FACTURA ANUAL		110.395,96 €	108.827,24 €	107.294,60 €	105.797,21 €	104.334,26 €	102.904,96 €	101.508,53 €	100.144,22 €	98.811,29 €	97.509,02 €	96.236,70 €	94.993,64 €	93.779,18 €	92.592,64 €	91.433,40 €	90.300,82 €	89.194,29 €	88.113,20 €	87.056,99 €	86.025,06 €

Con autoconsumo																					
	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada (€/kW año)	kW 108,1419	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Término de potencia		32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €	32.442,57 €
Consumo	kWh	858759	839007,543	819710,3695	800857,031	782437,3193	764441,261	746859,112	729681,3524	712898,6813	696502,0116	680482,4653	664831,3686	649540,2472	634600,8215	620005,0026	605744,8875	591812,7551	578201,0617	564902,4373	551909,6813
Autoconsumo	kWh	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546	9546
		53.046,05 €	51.812,61 €	50.607,55 €	49.430,20 €	48.279,93 €	47.156,12 €	46.058,15 €	44.985,44 €	43.937,40 €	42.913,46 €	41.913,08 €	40.935,70 €	39.980,80 €	39.047,87 €	38.136,39 €	37.245,88 €	36.375,85 €	35.525,83 €	34.695,36 €	33.883,99 €
Término de energía		53.046,05 €	51.812,61 €	50.607,55 €	49.430,20 €	48.279,93 €	47.156,12 €	46.058,15 €	44.985,44 €	43.937,40 €	42.913,46 €	41.913,08 €	40.935,70 €	39.980,80 €	39.047,87 €	38.136,39 €	37.245,88 €	36.375,85 €	35.525,83 €	34.695,36 €	33.883,99 €
Peaje (%)	5,11	4.368,47 €	4.305,44 €	4.243,86 €	4.183,70 €	4.124,92 €	4.067,49 €	4.011,39 €	3.956,57 €	3.903,02 €	3.850,69 €	3.799,57 €	3.749,63 €	3.700,83 €	3.653,16 €	3.606,59 €	3.561,08 €	3.516,62 €	3.473,19 €	3.430,75 €	3.389,29 €
Alquiler equipos de medida (€/mes)	64	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
IVA normal (%)	21	19.031,27 €	18.759,01 €	18.493,02 €	18.233,14 €	17.979,24 €	17.731,18 €	17.488,82 €	17.252,04 €	17.020,71 €	16.794,69 €	16.573,88 €	16.358,14 €	16.147,36 €	15.941,44 €	15.740,25 €	15.543,68 €	15.351,64 €	15.164,01 €	14.980,70 €	14.801,61 €
FACTURA ANUAL		109.656,35 €	108.087,63 €	106.554,99 €	105.057,60 €	103.594,66 €	102.165,36 €	100.768,93 €	99.404,62 €	98.071,69 €	96.769,42 €	95.497,10 €	94.254,04 €	93.039,57 €	91.853,04 €	90.693,80 €	89.561,21 €	88.454,68 €	87.373,60 €	86.317,38 €	85.285,46 €
AHORRO		739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €	739,60 €

## Anexo 5. Balances económicos anuales en el Zona Interior

Sin autoconsumo		Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	kW	108,1	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
(€/kW año)	419																					
Término de potencia			32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57
Consumo			839007,	819710,	800857,	782437,	764441,	746859,	729681,	712898,	696502,	680482,	664831,	649540,	634600,	620005,	605744,	591812,	578201,	564902,	551909,	
	kWh	858759	543	3695	031	3193	261	112	3524	6813	0116	4653	3686	2472	8215	0026	8875	7551	0617	4373	6813	
	Colmena	53.627,	52.394,	51.189,	50.011,	48.861,	47.737,	46.639,	45.566,	44.518,	43.494,	42.494,	41.517,	40.562,	39.629,	38.717,	37.827,	36.957,	36.107,	35.276,	34.465,	
	rejo	57 €	14 €	07 €	72 €	45 €	64 €	68 €	96 €	92 €	99 €	60 €	23 €	33 €	40 €	92 €	41 €	38 €	36 €	89 €	52 €	
	nube	3.871.2	3.782.2	3.695.2	3.610.2	3.527.1	3.446.0	3.366.8	3.289.3	3.213.7	3.139.7	3.067.5	2.997.0	2.928.0	2.860.7	2.794.9	2.730.6	2.667.8	2.606.5	2.546.5	2.487.9	
Término de energía			43,60 €	05,00 €	14,28 €	24,36 €	89,20 €	63,84 €	04,38 €	67,87 €	12,41 €	97,03 €	81,70 €	27,32 €	95,69 €	49,49 €	52,25 €	68,35 €	62,98 €	02,13 €	52,58 €	81,87 €
Peaje (%)			53.627,	52.394,	51.189,	50.011,	48.861,	47.737,	46.639,	45.566,	44.518,	43.494,	42.494,	41.517,	40.562,	39.629,	38.717,	37.827,	36.957,	36.107,	35.276,	34.465,
	Alquiler equipos de medida	57 €	14 €	07 €	72 €	45 €	64 €	68 €	96 €	92 €	99 €	60 €	23 €	33 €	40 €	92 €	41 €	38 €	36 €	89 €	52 €	
	(€/mes)	64	19.159,	18.887,	18.621,	18.361,	18.107,	17.859,	17.617,	17.380,	17.149,	16.923,	16.702,	16.486,	16.275,	16.069,	15.868,	15.672,	15.480,	15.292,	15.109,	14.929,
	IVA normal (%)	21	63 €	37 €	38 €	50 €	60 €	54 €	18 €	40 €	07 €	05 €	24 €	50 €	72 €	80 €	61 €	04 €	00 €	37 €	06 €	97 €
			4.398,18 €	4.335,16 €	4.273,58 €	4.213,41 €	4.154,64 €	4.097,21 €	4.041,10 €	3.986,29 €	3.932,73 €	3.880,41 €	3.829,29 €	3.779,35 €	3.730,55 €	3.682,88 €	3.636,30 €	3.590,80 €	3.546,34 €	3.502,90 €	3.460,46 €	3.419,00 €
FACTURA ANUAL			768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
	Colmena	110.395	108.827	107.294	105.797	104.334	102.904	101.508	100.144	98.811,	97.509,	96.236,	94.993,	93.779,	92.592,	91.433,	90.300,	89.194,	88.113,	87.056,	86.025,	
	rejo	,96 €	,24 €	,60 €	,21 €	,26 €	,96 €	,53 €	,22 €	29 €	02 €	70 €	64 €	18 €	64 €	40 €	82 €	29 €	20 €	99 €	06 €	
	Nube	4.965.7	4.852.5	4.741.8	4.633.7	4.528.1	4.425.0	4.324.1	4.225.7	4.129.4	4.035.4	3.943.6	3.853.9	3.766.2	3.680.5	3.596.8	3.515.1	3.435.2	3.357.2	3.280.9	3.206.4	
		58,37 €	16,31 €	78,82 €	86,00 €	79,31 €	01,57 €	96,92 €	10,78 €	89,82 €	81,94 €	36,24 €	03,00 €	33,61 €	80,63 €	97,66 €	39,40 €	61,58 €	20,95 €	75,26 €	83,22 €	



Con autoconsumo			año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	kW	108,1	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
		419																				
Término de potencia			3244,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57
Consumo	kWh		858759	839007,543	819710,3695	800857,031	782437,3193	764441,261	746859,112	729681,3524	712898,6813	696502,0116	680482,4653	664831,3686	649540,2472	634600,8215	620005,0026	605744,8875	591812,7551	578201,0617	564902,4373	551909,6813
Autoconsumo	kWh		250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876
			40.25	39.100	37.972	36.872	35.800	34.755	33.736	32.745	31.779	30.838	29.922	29.030	28.161	27.315	26.491	25.689	24.910	24.151	23.412	22.694
			6,93 €	,10 €	04 €	,54 €	34 €	,13 €	,51 €	08 €	47 €	82 €	41 €	54 €	68 €	73 €	97 €	99 €	26 €	31 €	68 €	26 €
Término de energía			40.25	39.100	37.972	36.872	35.800	34.755	33.736	32.745	31.779	30.838	29.922	29.030	28.161	27.315	26.491	25.689	24.910	24.151	23.412	22.694
			6,93 €	,10 €	04 €	,54 €	34 €	,13 €	,51 €	08 €	47 €	82 €	41 €	54 €	68 €	73 €	97 €	99 €	26 €	31 €	68 €	26 €
Peaje (%)	5,11		3.714	3.655,	3.598,1	3.542,	3.487,2	3.433,	3.381,	3.331,0	3.281,7	3.233,6	3.186,8	3.141,2	3.096,8	3.053,6	3.011,5	2.970,5	2.930,7	2.891,9	2.854,2	2.817,4
Alquiler equipos de medida			,94 €	83 €	9 €	00 €	1 €	80 €	75 €	9 €	5 €	8 €	5 €	8 €	8 €	5 €	6 €	7 €	3 €	5 €	0 €	9 €
(€/mes)	64		768,0	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00
			0 €	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
IVA normal (%)	21		16.20	15.952	15.703,	15.461	15.224,	14.993	14.769	14.550,	14.337,	14.129,	13.927,	13.730,	13.538,	13.351,	13.169,	12.992,	12.820,	12.653,	12.490,	12.331,
			8,31 €	,97 €	97 €	,27 €	61 €	,90 €	,05 €	22 €	08 €	44 €	16 €	30 €	52 €	79 €	96 €	94 €	83 €	30 €	26 €	69 €
FACTURA ANUAL			93.39	91.919	90.484,	89.086	87.722,	86.393	85.097	83.836,	82.608,	81.412,	80.247,	79.112,	78.007,	76.931,	75.884,	74.864,	73.872,	72.907,	71.967,	71.054,
			0,76 €	,47 €	77 €	,39 €	73 €	,40 €	,89 €	96 €	87 €	51 €	00 €	68 €	64 €	74 €	06 €	07 €	39 €	13 €	72 €	01 €
AHORRO			17.00	16.907	16.809,	16.710	16.611,	16.511	16.410	16.307,	16.202,	16.096,	15.989,	15.880,	15.771,	15.660,	15.549,	15.436,	15.321,	15.206,	15.089,	14.971,
			5,20 €	,77 €	83 €	,82 €	53 €	,56 €	,65 €	27 €	43 €	51 €	70 €	96 €	53 €	90 €	34 €	75 €	90 €	08 €	27 €	06 €

Con excedentes																					
	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	kW 108,1 (€/kW año) 419	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Término de potencia		32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57
Consumo	kWh	858759	839007,543	819710,3695	800857,031	782437,3193	764441,261	746859,112	729681,3524	712898,6813	696502,0116	680482,4653	664831,3686	649540,2472	634600,8215	620005,0026	605744,8875	591812,7551	578201,0617	564902,4373	551909,6813
Autoconsumo	kWh	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876	250876
		40.256,93 €	39.100,10 €	37.972,04 €	36.872,54 €	35.800,34 €	34.755,13 €	33.736,51 €	32.745,08 €	31.779,47 €	30.838,82 €	29.922,41 €	29.030,54 €	28.161,68 €	27.315,73 €	26.491,97 €	25.689,99 €	24.910,26 €	24.151,31 €	23.412,68 €	22.694,26 €
Término de energía		40.256,93 €	39.100,10 €	37.972,04 €	36.872,54 €	35.800,34 €	34.755,13 €	33.736,51 €	32.745,08 €	31.779,47 €	30.838,82 €	29.922,41 €	29.030,54 €	28.161,68 €	27.315,73 €	26.491,97 €	25.689,99 €	24.910,26 €	24.151,31 €	23.412,68 €	22.694,26 €
Excedentes	kWh	42080,18409	43370,10179	44662,99997	45968,11043	47275,70939	48591,47906	49918,1339	51267,54866	52632,11653	54008,35712	55393,68241	56801,22574	58215,45617	59640,12361	61074,63243	62518,24192	63988,96008	65470,09417	66960,18303	68465,6079
		1.505,66 €	1.552,56 €	1.599,80 €	1.647,60 €	1.695,59 €	1.744,01 €	1.792,9 €	1.843,30 €	1.894,42 €	1.946,20 €	1.998,63 €	2.052,25 €	2.106,44 €	2.161,40 €	2.216,97 €	2.273,16 €	2.330,49 €	2.388,35 €	2.446,81 €	2.505,99 €
Peaje de acceso (€/MWh)	0,5	21,04 €	21,69 €	22,33 €	22,98 €	23,64 €	24,30 €	24,96 €	25,63 €	26,32 €	27,00 €	27,70 €	28,40 €	29,11 €	29,82 €	30,54 €	31,26 €	31,99 €	32,74 €	33,48 €	34,23 €
Impuesto de electricidad (%)	7	105,40 €	108,68 €	111,99 €	115,33 €	118,69 €	122,08 €	125,51 €	129,03 €	132,61 €	136,23 €	139,90 €	143,66 €	147,45 €	151,30 €	155,19 €	159,12 €	163,13 €	167,18 €	171,28 €	175,42 €
Cuota de servicio representación (€/MWh)	1	42,08 €	43,37 €	44,66 €	45,97 €	47,28 €	48,59 €	49,92 €	51,27 €	52,63 €	54,01 €	55,39 €	56,80 €	58,22 €	59,64 €	61,07 €	62,52 €	63,99 €	65,47 €	66,96 €	68,47 €
Retribución		1.337,14 €	1.378,83 €	1.420,82 €	1.463,31 €	1.505,98 €	1.549,04 €	1.592,56 €	1.637,37 €	1.682,86 €	1.728,95 €	1.775,64 €	1.823,39 €	1.871,67 €	1.920,64 €	1.970,17 €	2.020,26 €	2.071,37 €	2.122,96 €	2.175,09 €	2.227,87 €
Peaje (%)	5,1	3.707,67 €	3.648,68 €	3.591,15 €	3.535,07 €	3.480,39 €	3.427,08 €	3.375,13 €	3.324,57 €	3.275,32 €	3.227,35 €	3.180,61 €	3.135,13 €	3.090,82 €	3.047,67 €	3.005,66 €	2.964,76 €	2.924,99 €	2.886,29 €	2.848,62 €	2.811,98 €
Alquiler equipos de medida (€/mes)	64	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
IVA normal (%)	21	16.206,79 €	15.951,46 €	15.702,49 €	15.459,82 €	15.223,17 €	14.992,48 €	14.767,66 €	14.548,85 €	14.335,73 €	14.128,11 €	13.925,86 €	13.729,01 €	13.537,24 €	13.350,54 €	13.168,72 €	12.991,72 €	12.819,62 €	12.652,11 €	12.489,09 €	12.330,53 €
FACTURA ANUAL		92.044,82 €	90.531,98 €	89.055,42 €	87.614,68 €	86.208,49 €	84.836,23 €	83.497,32 €	82.191,70 €	80.918,23 €	79.675,90 €	78.463,81 €	77.281,85 €	76.128,64 €	75.003,87 €	73.906,76 €	72.836,78 €	71.794,08 €	70.777,32 €	69.785,86 €	68.819,47 €
AHORRO		18.351,13 €	18.295,25 €	18.239,17 €	18.182,52 €	18.125,77 €	18.068,73 €	18.011,22 €	17.952,52 €	17.893,06 €	17.833,12 €	17.772,89 €	17.711,79 €	17.650,53 €	17.588,77 €	17.526,64 €	17.464,04 €	17.400,21 €	17.335,88 €	17.271,12 €	17.205,60 €

Con autoconsumo en la nube																						
	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20	
Potencia contratada (€/kW año)	kW 108,1419	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	
Término de potencia		32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	
Consumo	kWh	60671215	59275777,06	57912434,18	56580448,2	55279097,89	54007678,64	52765502,03	51551895,48	50366201,89	49207779,24	48076000,32	46970252,31	45889936,51	44834467,97	43803275,21	42795799,88	41811496,48	40849832,06	39910285,92	38992349,35	
Autoconsumo	kWh	2508763.855.454,17 €	2508763.766.415,56 €	2508763.679.424,85 €	2508763.594.434,92 €	2508763.511.399,76 €	2508763.430.274,41 €	2508763.351.014,94 €	2508763.273.578,44 €	2508763.197.922,98 €	2508763.124.007,59 €	2508763.051.792,26 €	2508762.981.237,88 €	2508762.912.306,25 €	2508762.844.960,05 €	2508762.779.162,82 €	2508762.714.878,91 €	2508762.652.073,54 €	2508762.590.712,69 €	2508762.530.763,14 €	2508762.472.192,43 €	
Término de energía		3.855.454,17 €	3.766.415,56 €	3.679.424,85 €	3.594.434,92 €	3.511.399,76 €	3.430.274,41 €	3.351.014,94 €	3.273.578,44 €	3.197.922,98 €	3.124.007,59 €	3.051.792,26 €	2.981.237,88 €	2.912.306,25 €	2.844.960,05 €	2.779.162,82 €	2.714.878,91 €	2.652.073,54 €	2.590.712,69 €	2.530.763,14 €	2.472.192,43 €	
Peaje (%) Alquiler equipos de medida (€/mes) IVA normal (%)	5,116421	198.671,52 €	194.121,65 €	189.676,43 €	185.333,44 €	181.090,34 €	176.944,84 €	172.894,68 €	168.937,67 €	165.071,68 €	161.294,60 €	157.604,40 €	153.999,07 €	150.476,66 €	147.035,27 €	143.673,04 €	140.388,13 €	137.178,77 €	134.043,23 €	130.979,81 €	127.986,85 €	
		768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	
		858.340,61 €	838.687,03 €	819.485,49 €	800.725,58 €	782.397,14 €	764.490,26 €	746.995,24 €	729.902,60 €	713.203,10 €	696.887,68 €	680.947,52 €	665.373,98 €	650.158,63 €	635.293,24 €	620.769,75 €	606.580,30 €	592.717,21 €	579.172,96 €	565.940,24 €	553.011,87 €	
FACTURA ANUAL		4.945.676,87 €	4.832.434,82 €	4.721.797,33 €	4.613.704,51 €	4.508.097,81 €	4.404.920,08 €	4.304.115,43 €	4.205.629,29 €	4.109.408,33 €	4.015.400,45 €	3.923.554,75 €	3.833.821,50 €	3.746.152,12 €	3.660.499,14 €	3.576.816,17 €	3.495.057,91 €	3.415.180,09 €	3.337.139,46 €	3.260.893,77 €	3.186.401,72 €	
AHORRO		20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	20.081,49 €	

## Anexo 6. Balances económicos anuales en el Zona Exterior

Sin autoconsumo																					
	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	kW	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
(€/kW año)	108,1419																				
Término de potencia		32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57
Consumo			839007,543	819710,3695	800857,031	782437,3193	764441,261	746859,112	729681,3524	712898,6813	696502,0116	680482,4653	664831,3686	649540,2472	634600,8215	620005,0026	605744,8875	591812,7551	578201,0617	564902,4373	551909,6813
	kWh Colmenarejo	53.627,57 €	52.394,14 €	51.189,07 €	50.011,72 €	48.861,45 €	47.737,64 €	46.639,68 €	45.566,96 €	44.518,92 €	43.494,99 €	42.494,60 €	41.517,23 €	40.562,33 €	39.629,40 €	38.717,92 €	37.827,41 €	36.957,38 €	36.107,36 €	35.276,89 €	34.465,52 €
		3.871.2	3.782.2	3.695.2	3.610.2	3.527.1	3.446.0	3.366.8	3.289.3	3.213.7	3.139.7	3.067.5	2.997.0	2.928.0	2.860.7	2.794.9	2.730.6	2.667.8	2.606.5	2.546.5	2.487.9
	nube	43,60 €	05,00 €	14,28 €	24,36 €	89,20 €	63,84 €	04,38 €	67,87 €	12,41 €	97,03 €	81,70 €	27,32 €	95,69 €	49,49 €	52,25 €	68,35 €	62,98 €	02,13 €	52,58 €	81,87 €
			53.627,57 €	52.394,14 €	51.189,07 €	50.011,72 €	48.861,45 €	47.737,64 €	46.639,68 €	45.566,96 €	44.518,92 €	43.494,99 €	42.494,60 €	41.517,23 €	40.562,33 €	39.629,40 €	38.717,92 €	37.827,41 €	36.957,38 €	36.107,36 €	35.276,89 €
Término de energía		3.871.2	3.782.2	3.695.2	3.610.2	3.527.1	3.446.0	3.366.8	3.289.3	3.213.7	3.139.7	3.067.5	2.997.0	2.928.0	2.860.7	2.794.9	2.730.6	2.667.8	2.606.5	2.546.5	2.487.9
		43,60 €	05,00 €	14,28 €	24,36 €	89,20 €	63,84 €	04,38 €	67,87 €	12,41 €	97,03 €	81,70 €	27,32 €	95,69 €	49,49 €	52,25 €	68,35 €	62,98 €	02,13 €	52,58 €	81,87 €
		4.398,1	4.335,1	4.273,5	4.213,4	4.154,6	4.097,2	4.041,1	3.986,2	3.932,7	3.880,4	3.829,2	3.779,3	3.730,5	3.682,8	3.636,3	3.590,8	3.546,3	3.502,9	3.460,4	3.419,0
Peaje (%)	5,11	8 €	6 €	8 €	1 €	4 €	1 €	0 €	9 €	3 €	1 €	9 €	5 €	5 €	8 €	0 €	0 €	4 €	0 €	6 €	0 €
Alquiler equipos de medida (€/mes)	64	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
IVA normal (%)	21	19.159,63 €	18.887,37 €	18.621,38 €	18.361,50 €	18.107,60 €	17.859,54 €	17.617,18 €	17.380,40 €	17.149,07 €	16.923,05 €	16.702,24 €	16.486,50 €	16.275,72 €	16.069,80 €	15.868,61 €	15.672,04 €	15.480,00 €	15.292,37 €	15.109,06 €	14.929,97 €
FACTURA ANUAL	Colmenarejo	110.395,96 €	108.827,24 €	107.294,60 €	105.797,21 €	104.334,26 €	102.904,96 €	101.508,53 €	100.144,22 €	98.811,29 €	97.509,02 €	96.236,70 €	94.993,64 €	93.779,18 €	92.592,64 €	91.433,40 €	90.300,82 €	89.194,29 €	88.113,20 €	87.056,99 €	86.025,06 €
		4.965.7	4.852.5	4.741.8	4.633.7	4.528.1	4.425.0	4.324.1	4.225.7	4.129.4	4.035.4	3.943.6	3.853.9	3.766.2	3.680.5	3.596.8	3.515.1	3.435.2	3.357.2	3.280.9	3.206.4
	Nube	58,37 €	16,31 €	78,82 €	86,00 €	79,31 €	01,57 €	96,92 €	10,78 €	89,82 €	81,94 €	36,24 €	03,00 €	33,61 €	80,63 €	97,66 €	39,40 €	61,58 €	20,95 €	75,26 €	83,22 €

Con autoconsumo																					
	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	kW 108, 1419	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
(€/kW año)																					
Término de potencia		3244 2,57	32442 ,57	32442, 57	32442 ,57	32442, 57	32442 ,57	32442 ,57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57	32442, 57
Consumo	kWh	8587 59	83900 7,543	81971 0,3695	80085 7,031	78243 7,3193	76444 1,261	74685 9,112	72968 1,3524	71289 8,6813	69650 2,0116	68048 2,4653	66483 1,3686	64954 0,2472	63460 0,8215	62000 5,0026	60574 4,8875	59181 2,7551	57820 1,0617	56490 2,4373	55190 9,6813
		5338	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388
		876 20.08	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
Autoconsumo		1,35 €	19.58 2,69 €	19.096 ,59 €	18.62 3,57 €	18.162 ,01 €	17.71 3,54 €	17.27 7,27 €	16.852 ,61 €	16.439 ,69 €	16.038 ,08 €	15.646 ,73 €	15.265 ,76 €	14.894 ,53 €	14.532 ,88 €	14.180 ,09 €	13.835 ,62 €	13.499 ,64 €	13.172 ,07 €	12.852 ,67 €	12.541 ,32 €
Término de energía		1,35 €	19.58 2,69 €	19.096 ,59 €	18.62 3,57 €	18.162 ,01 €	17.71 3,54 €	17.27 7,27 €	16.852 ,61 €	16.439 ,69 €	16.038 ,08 €	15.646 ,73 €	15.265 ,76 €	14.894 ,53 €	14.532 ,88 €	14.180 ,09 €	13.835 ,62 €	13.499 ,64 €	13.172 ,07 €	12.852 ,67 €	12.541 ,32 €
Peaje (%)	5,11	2.683 ,97 €	2.658, 49 €	2.633, 65 €	2.609, 48 €	2.585, 89 €	2.562, 98 €	2.540, 68 €	2.518, 98 €	2.497, 88 €	2.477, 36 €	2.457, 36 €	2.437, 90 €	2.418, 93 €	2.400, 45 €	2.382, 42 €	2.364, 82 €	2.347, 65 €	2.330, 91 €	2.314, 59 €	2.298, 68 €
Alquiler equipos de medida	64	768,0 0 €	768,0 0 €	768,00 €	768,0 0 €	768,00 €	768,0 0 €	768,0 0 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €	768,00 €
IVA normal (%)	21	11.75 4,94 €	11.64 4,87 €	11.537 ,57 €	11.43 3,16 €	11.331 ,28 €	11.23 2,29 €	11.13 5,99 €	11.042 ,25 €	10.951 ,11 €	10.862 ,46 €	10.776 ,08 €	10.691 ,99 €	10.610 ,05 €	10.530 ,22 €	10.452 ,35 €	10.376 ,31 €	10.302 ,15 €	10.229 ,85 €	10.159 ,34 €	10.090 ,62 €
FACTURA ANUAL		67.73 0,83 €	67.09 6,62 €	66.478 ,38 €	65.87 6,78 €	65.289 ,76 €	64.71 9,37 €	64.16 4,52 €	63.624 ,41 €	63.099 ,25 €	62.588 ,48 €	62.090 ,74 €	61.606 ,22 €	61.134 ,07 €	60.674 ,11 €	60.225 ,43 €	59.787 ,31 €	59.360 ,01 €	58.943 ,40 €	58.537 ,17 €	58.141 ,18 €
AHORRO		42.66 5,12 €	41.73 0,62 €	40.816 ,21 €	39.92 0,43 €	39.044 ,50 €	38.18 5,59 €	37.34 4,01 €	36.519 ,81 €	35.712 ,04 €	34.920 ,54 €	34.145 ,96 €	33.387 ,42 €	32.645 ,10 €	31.918 ,53 €	31.207 ,97 €	30.513 ,50 €	29.834 ,28 €	29.169 ,81 €	28.519 ,81 €	27.883 ,88 €

Con excedentes																					
	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	kW	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
(€/kW año)	108,1419																				
Término de potencia		32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57
Consumo	kWh	839007,858759	819710,5433695	800857,0313193	782437,764441,261	729681,746859,1123524	712898,696502,68130116	680482,664831,46533686	649540,634600,821520026	605744,591812,88757551	578201,578201,06177551	564902,564902,43734373	551909,551909,68136813								
Autoconsumo	kWh	533887620.081,35€	533887619.582,69€	533887619.096,59€	533887618.623,57€	533887618.162,01€	533887617.713,54€	533887617.277,27€	533887616.852,61€	533887616.439,69€	533887616.038,08€	533887615.646,73€	533887615.265,76€	533887614.894,53€	533887614.532,88€	533887614.180,09€	533887613.835,62€	533887613.499,64€	533887613.172,07€	533887612.852,67€	533887612.541,32€
Término de energía		20.081,35€	19.582,69€	19.096,59€	18.623,57€	18.162,01€	17.713,54€	17.277,27€	16.852,61€	16.439,69€	16.038,08€	15.646,73€	15.265,76€	14.894,53€	14.532,88€	14.180,09€	13.835,62€	13.499,64€	13.172,07€	12.852,67€	12.541,32€
Excedentes	kWh	4829163,438	4840285,452	4851170,157	4861831,136	4872255,108	4882472,749	4892478,883	4902275,671	4911874,018	4921279,294	4930483,942	4939496,447	4948317,779	4956950,747	4965392,256	4973643,026	4981713,015	4989609,394	4997336,342	5004898,712
		192.245,53€	192.712,88€	193.170,23€	193.618,35€	194.056,57€	194.486,44€	194.907,76€	195.320,47€	195.725,03€	196.121,51€	196.509,57€	196.889,63€	197.261,63€	197.625,75€	197.981,85€	198.329,90€	198.670,35€	199.003,47€	199.329,41€	199.648,38€
Peaje de acceso (€/MWh)	0,5	2.414,58€	2.420,14€	2.425,59€	2.430,92€	2.436,13€	2.441,24€	2.446,24€	2.451,14€	2.455,94€	2.460,64€	2.465,24€	2.469,75€	2.474,16€	2.478,48€	2.482,70€	2.486,82€	2.490,86€	2.494,80€	2.498,67€	2.502,45€
Impuesto de electricidad (%)	7	13.457,19€	13.489,90€	13.521,92€	13.553,28€	13.583,96€	13.614,05€	13.643,54€	13.672,43€	13.700,75€	13.728,51€	13.755,67€	13.782,27€	13.808,31€	13.833,80€	13.858,73€	13.883,09€	13.906,92€	13.930,24€	13.953,06€	13.975,39€
Cuota de servicio representación (€/MWh)	1	4.829,16€	4.840,29€	4.851,17€	4.861,83€	4.872,26€	4.882,47€	4.892,48€	4.902,28€	4.911,87€	4.921,28€	4.930,48€	4.939,50€	4.948,32€	4.956,95€	4.965,39€	4.973,64€	4.981,71€	4.989,61€	4.997,34€	5.004,90€
Retribución		171.544,60€	171.962,55€	172.371,56€	172.772,32€	173.164,23€	173.548,68€	173.925,50€	174.294,63€	174.656,47€	175.011,09€	175.358,18€	175.698,12€	176.030,84€	176.356,52€	176.675,03€	176.986,34€	177.290,85€	177.588,82€	177.880,35€	178.165,64€
Peaje (%)	5,1	2.678,72€	2.653,29€	2.628,50€	2.604,37€	2.580,83€	2.557,96€	2.535,71€	2.514,05€	2.493,00€	2.472,51€	2.452,55€	2.433,13€	2.414,19€	2.395,75€	2.377,76€	2.360,19€	2.343,05€	2.326,35€	2.310,06€	2.294,18€
Alquiler equipos de medida (€/mes)	64	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€	768,00€
IVA normal (%)	21	11.753,84€	11.643,77€	11.536,49€	11.432,09€	11.330,22€	11.231,23€	11.134,95€	11.041,22€	10.950,08€	10.861,45€	10.775,09€	10.690,99€	10.609,09€	10.529,29€	10.451,33€	10.375,34€	10.301,19€	10.228,84€	10.158,39€	10.089,67€
FACTURA ANUAL		-103.820,12€	-104.872,22€	-105.899,41€	-106.901,72€	-107.880,60€	-108.835,38€	-109.767,00€	-110.676,18€	-111.563,13€	-112.428,47€	-113.273,25€	-114.097,67€	-114.902,49€	-115.688,10€	-116.455,24€	-117.204,63€	-117.936,41€	-118.650,94€	-119.348,65€	-120.029,90€
AHORRO		214.216,08€	213.699,46€	213.194,01€	212.698,93€	212.214,86€	211.740,34€	211.275,53€	210.820,40€	210.374,42€	209.937,49€	209.509,95€	209.091,31€	208.681,67€	208.280,74€	207.888,64€	207.505,44€	207.130,69€	206.764,14€	206.405,64€	206.054,96€

Con autoconsumo en la nube																					
	Término	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Potencia contratada	kW	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
(€/kW año)	108,1419																				
Término de potencia		32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57	32442,57
Consumo	kWh	60671,215	59275,777,06	57912,434,18	56580,448,2	55279,097,89	54007,678,64	52765,502,03	51551,895,48	50366,201,89	49207,779,24	48076,000,32	46970,252,31	45889,936,51	44834,467,97	43803,275,21	42795,799,88	41811,496,48	40849,832,06	39910,285,92	38992,349,35
		53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388	53388
		76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
Autoconsumo	kWh	3.533,076,75	3.444,038,14	3.357,047,43	3.272,057,50	3.189,022,34	3.107,896,99	3.028,637,52	2.951,201,02	2.875,545,56	2.801,630,17	2.729,414,84	2.658,860,46	2.589,934,87	2.522,597,67	2.456,823,85	2.392,566,48	2.329,799,50	2.268,502,39	2.208,645,77	2.150,226,57
		€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
		3.533,076,75	3.444,038,14	3.357,047,43	3.272,057,50	3.189,022,34	3.107,896,99	3.028,637,52	2.951,201,02	2.875,545,56	2.801,630,17	2.729,414,84	2.658,860,46	2.589,934,87	2.522,597,67	2.456,823,85	2.392,566,48	2.329,799,50	2.268,502,39	2.208,645,77	2.150,226,57
Término de energía		€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
Peaje (%) Alquiler equipos de medida (€/mes)	5,11	182.19,804	177.64,816	173.20,294	168.85,995	164.61,686	160.47,135	156.42,119	152.46,419	148.59,819	144.82,112	141.13,091	137.52,558	134.00,349	130.56,256	127.20,151	123.91,796	120.71,057	117.57,829	114.51,961	111.53,439
		€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
		768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00	768,00
IVA normal (%)	64	787.18	767.52	748.32	729.56	711.23	693.33	675.83	658.74	642.04	625.72	609.78	594.21	579.00	564.13	549.61	535.43	521.58	508.05	494.83	481.94
		1,92	8,34	6,80	6,88	8,45	1,57	6,55	3,91	4,41	8,99	8,83	5,29	1,27	7,87	9,55	5,95	1,33	1,16	8,95	4,02
		€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
FACTURA ANUAL		4.535,667,28	4.422,425,22	4.311,787,73	4.203,694,91	4.098,088,22	3.994,910,48	3.894,105,83	3.795,619,69	3.699,398,73	3.605,390,85	3.513,545,15	3.423,811,91	3.336,150,20	3.250,508,66	3.166,855,48	3.085,130,97	3.005,301,97	2.927,342,41	2.851,214,90	2.776,915,55
		€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
		430.09	430.09	430.09	430.09	430.09	430.09	430.09	430.09	430.09	430.09	430.09	430.09	430.08	430.07	430.04	430.00	429.95	429.87	429.76	429.56
AHORRO		1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	3,42	1,97	2,18	8,44	9,61	8,55	0,36	7,66
		€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€

